

**ANÁLISIS DEL EFECTO LÁTIGO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO DEL  
SECTOR HORTOFRUTICOLA UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS.**

**JUAN CAMILO RAMIREZ BEDOYA**

**KEYLA VALENCIA HORTÚA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ZARZAL – VALLE DEL CAUCA**

**2018**

**ANÁLISIS DEL EFECTO LÁTIGO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO DEL  
SECTOR HORTOFRUTICOLA UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS**

**JUAN CAMILO RAMIREZ BEDOYA**

**KEYLA VALENCIA HORTÚA**

**Proyecto de grado requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Director**

**Mauricio Alejandro Buitrago Soto**

**Docente de la Universidad del Valle Sede Zarzal**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ZARZAL – VALLE DEL CAUCA**

**2018**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**JURADO 1**

---

**JURADO 2**

**Zarzal – Valle del Cauca, Marzo 16 de 2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad del Valle, que nos abrió las puertas y nos brindó la oportunidad de formarnos profesionalmente.*

*A nuestro director de trabajo de grado Mauricio Buitrago Soto, por dedicar su tiempo y esfuerzo para darnos lo mejor de su enseñanza. Ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda para sacar adelante este trabajo.*

*A nuestro coordinador de carrera Julián González quien nos acompañó durante el proceso de formación. A todos nuestros profesores y demás personas que contribuyeron a lo largo de estos años y supieron transmitir sus conocimientos.*

## **DEDICATORIA**

Principalmente agradezco a Dios, a mis padres Héctor Fabio Ramírez y Maryury Bedoya quienes con su amor, esfuerzo y ejemplo contribuyeron a mi formación personal y profesional. A mi hermana María Fernanda por ser mi compañía en todo momento y mi más grande motivación. A todos ellos agradezco por el amor, la confianza y apoyo brindado en estos años de formación.

**Juan Camilo Ramírez Bedoya.**

Principalmente a Dios quien me ha guiado y dado la fortaleza para seguir adelante, a mis padres, hermana y tías por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de esta etapa, por haberme forjado como persona y como profesional, a todos quienes de una forma u otra aportaron a mi crecimiento y confiaron en mis capacidades.

**Keyla Valencia Hortúa**

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. JUSTIFICACIÓN .....	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
4. OBJETIVOS .....	18
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
5. MARCO REFERENCIAL.....	19
5.1. MARCO TEÓRICO:.....	19
5.2. ESTADO DEL ARTE.....	21
5.3. MARCO CONCEPTUAL.....	29
5.3.1. DINÁMICA DE SISTEMAS:.....	29
6. METODOLOGÍA.....	35
7. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	36
7.1. PRODUCTOR O FABRICANTE.....	36
7.2. MAYORISTA.....	38
7.3. MINORISTA.....	40
8. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA BASADO EN LOS CUATRO ARQUETIPOS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO.....	42
8.1. La cadena de suministro “TRADICIONAL”.....	43
8.2. La cadena de suministro “A INFORMACIÓN COMPARTIDA” .....	44
8.3. La cadena de suministro “CON PEDIDO GESTIONADO POR EL PROVEEDOR”.....	45
8.4. Cadena de suministro con pedido gestionado por el proveedor La cadena de suministro “SINCRONIZADA”.....	46
9. ÍTEMS Y VENTAS.....	48
9.1. ANÁLISIS DE PARETO POR KILOGRAMOS:.....	48
9.2. ANÁLISIS DE PARETO POR PRECIO:.....	49
10. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DIRIGIDA A LA PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y VENTA DEL ITEM PAPAYA. ....	53
10.1. PRODUCTOR: CULTIVO ITEM PAPAYA.....	53
10.2. MAYORISTA: BODEGA ROLDANILLO.....	57
10.3. MINORISTA: SEDE ROLDANILLO.....	61

10.4.	COMPARACIÓN DE LA DEMANDA REAL CON LOS PRONÓSTICOS DE CADA UNO DE LOS ESLABONES.....	65
11.	DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA ACTUAL.....	67
11.1.	SUPUESTOS Y NOTACIÓN DEL MODELO. ....	67
11.2.	DIAGRAMA CAUSAL DE LA ESTRUCTURA ACTUAL.....	71
11.3.	DIAGRAMA DE FORRESTER ESTRUCTURA ACTUAL.....	75
11.4.	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CADENA ACTUAL. ....	76
12.	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PROPUESTA. ....	88
12.1.	SUPUESTOS Y NOTACIÓN DEL MODELO. ....	89
12.2.	DIAGRAMA DE FORRESTER ESTRUCTURA SINCRONIZADA.....	92
12.3.	ANÁLISIS DEL ESCENARIO PLANTEADO. ....	93
13.	CONCLUSIONES.....	103
14.	RECOMENDACIONES.....	104
15.	BIBLIOGRAFIA.....	105

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventas totales expresadas en Kgs para el año 2016 .....	48
Tabla 2. Análisis de pareto por precio.....	49
Tabla 3. Ventas item Papaya Roldanillo 2016.....	50
Tabla 4. Precios item Papaya año 2016 .....	51
Tabla 5. Ventas reales Productor -> Mayorista .....	54
Tabla 6. Pronóstico del Productor.....	55
Tabla 7. Producto no vendido y ganancia real - Productor.....	55
Tabla 8. Ventas reales Mayorista -> Minorista .....	58
Tabla 9. Pronóstico del Mayorista .....	58
Tabla 10. Producto no vendido y ganancia real – Mayorista .....	59
Tabla 11. Ventas reales Minorista -> Consumidor final .....	61
Tabla 12. Pronóstico del Minorista .....	62
Tabla 13. Producto no vendido y ganancia real - Minorista.....	63
Tabla 14. Datos análisis 2016.....	66
Tabla 15. Perdidas por no vendidos .....	85
Tabla 16. Perdidas por kilogramos no vendidos. ....	96
Tabla 17. Perdidas por kilogramos no vendidos .....	97
Tabla 18. Perdida individual con política de compartimiento de pérdidas. ....	97
Tabla 19. Pérdida real de costos logísticos para cada eslabón.....	98
Tabla 20. Kgs en el inventario global .....	98
Tabla 21. Kgs de inventario global.....	99



## LISTA DE GRÁFICAS

Figura 1. Elaboración propia.....	15
Figura 2. Órdenes en la cadena de suministro de los pañales Pampers (Lee et al., 1997) .....	16
Figura 3. Notación para el diagrama de flujo. (Elaboración propia) .....	36
Figura 4. Diagrama de flujo Productor. (Elaboración propia) .....	37
Figura 5. Diagrama de flujo Mayorista. (Elaboración propia).....	39
Figura 6. Diagrama de flujo minorista. (Elaboración propia).....	41
Figura 7. Cadena de suministro tradicional. (Disney, 2007) .....	43
Figura 8. Cadena de suministro a información compartida. (Disney, 2007) .....	44
Figura 9. Cadena de suministro con pedido gestionado por el proveedor (Disney, 2007) .....	45
Figura 10. Cadena de suministro sincronizada. (Disney, 2007) .....	46
Figura 11. Resumen características de las cadenas. (Disney 2007) .....	47
Figura 12. Análisis de Pareto por kilogramos.....	48
Figura 13. Análisis de Pareto por precio. ....	49
Figura 14. Kgs Papaya 2016. ....	51
Figura 15. Producción vs Pronóstico para el productor .....	56
Figura 16. Ventas vs Pronóstico para el mayorista .....	60
Figura 17. Ventas vs Pronóstico para el Minorista .....	64
Figura 18. Comparación de demanda real con cada uno de los pronósticos .....	65
Figura 19. Flujos de la cadena de suministro actual. (Elaboración propia).....	69
Figura 20. Diagrama Causal .....	71
Figura 21. Diagrama Forrester estructura actual.....	75
Figura 22. Despacho mayorista .....	78
Figura 23. Despacho productor.....	78
Figura 24. Producción.....	79
Figura 25. Inventario productor .....	80
Figura 26. Inventario mayorista.....	81
Figura 27. Inventario minorista.....	82
Figura 28. Aumento en inventario Productor .....	83
Figura 29. Aumento en inventario Mayorista.....	84
Figura 30. Aumento en inventario Minorista.....	85
Figura 31. Comportamiento físico del inventario .....	86
Figura 32. Diagrama de Forrester estructura sincronizada .....	92
Figura 33. Proceso – Productor. ....	93
Figura 34. Proceso - Mayorista .....	94
Figura 35. Nivel de inventario. ....	95
Figura 36. Inventario minorista cadena sincronizada .....	96
Figura 37. Aumento nivel de inventario estructura actual.....	98
Figura 38. Nivel de inventario global, estructura sincronizada. ....	99
Figura 39. Aumento del inventario en 3 años.....	100
Figura 40. Comparación de las pérdidas .....	101
Figura 41. Pérdidas globales por cadena.....	102

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de la cadena de suministro es un modelo basado en las relaciones inter organizacionales, con objetivos comunes y medidas de desempeño globales, una red dinámica compleja, una secuencia de procesos donde atraviesan el flujo de producto, información y dinero que trascienden los límites de la empresa (Gigolo, 2004). Tiene como objetivo planear eficaz y eficientemente, los factores que intervienen dentro de la estructura total de la cadena de suministro, la búsqueda por tener bajos costos de producción e inventario, prestando un alto nivel de servicio, producto de una alta competitividad provocada por la globalización de los mercados y el desarrollo tecnológico (Ibíd. 2006).

En ocasiones las cadenas de abastecimiento se analizan desde una perspectiva holística, y existe coordinación en diferentes grados, de los flujos de entrada y de salida de materiales, información y financieros (Mustafá, 2007), mejorando el flujo de información y reduciendo de manera considerable el error que se presenta en las ordenes de pedido; pero en otras, cada uno de los eslabones pertenecientes a la cadena de suministro trabaja de manera independiente, donde la información es limitada y por consiguiente no se puede estimar la demanda real. Este caso, provoca que cada uno de los agentes de la cadena deba ser altamente competente en la comprensión del sistema (realimentaciones, interacciones y no linealidades) y por lo tanto preciso en la toma de decisiones sobre cuánto y cuándo abastecerse (Wang, 2008).

Cuando hay conflicto de intereses se produce las ineficiencias en la gestión de la cadena, variación en las órdenes, excesos en niveles de inventario, retrasos en las entregas, altos costos de producción, entre otros; lo que produce un fuerte impacto en el nivel de servicio al consumidor. Para evitar deficiencias que afectan el desempeño de una empresa, se debe mejorar la comprensión sobre sí misma y su entorno.

En el flujo de información, cuando no se comparte datos reales de la demanda con ningún miembro de la cadena de suministro, provoca una incertidumbre en los pronósticos de demanda, producción y tiempos de entrega, evitando el logro de la integración, coordinación y sincronización de la cadena. Los minoristas son los que generalmente cuentan con la información que más cercana se encuentra a la demanda real, conociendo las preferencias de consumo hacia un producto por parte del consumidor (Forrester, 1958). Esta situación afecta seriamente a los eslabones anteriores a este, generando desabastecimiento en el punto de venta, o por el contrario, exceso de material o producto causando variabilidad en las órdenes. Lo anterior se conoce como Efecto Látigo, el cual se define como la variabilidad en la demanda, o distorsión en la información emitida por los elementos que gestionan el flujo de productos.

El presente proyecto presenta un análisis de la estructura actual de una cadena de suministro hortofrutícola de la región utilizando dinámica de sistemas, y a partir de los resultados obtenidos dados en niveles de inventario y pérdidas por kilogramos de ítem no vendidos, propone una reestructuración de la cadena de suministro mediante la variación de variables de interés que permitan disminuir el efecto látigo.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El mercado actual ha ido creciendo rápidamente, las compañías de todo el mundo están acudiendo a la mejora de procesos y reestructuración de la cadena de suministro como la oportunidad de reducir costos logísticos, incrementar la satisfacción del cliente, utilizar mejor los activos. “La gestión de la cadena de suministro consiste en la integración de estas actividades a través de relaciones mejoradas en la cadena, para adquirir una ventaja competitiva sostenible” (Vilana, 2011), por lo que las empresas se ven obligadas a priorizar prácticas propias de la gestión de la cadena de suministro, como disminución en costos de distribución y aumento del valor agregado.

El flujo de información y de materiales entre los eslabones de la cadena de abastecimiento, es utilizado y aprovechado de forma diferente según la estructura de la cadena. “El flujo de información en la cadena de abastecimiento tradicional es menos exacta, a medida que se transmite entre los eslabones de la cadena a causa de errores en previsiones, malas comunicaciones, desconfianza entre los miembros de la cadena, etc” (Sherman, 1989).

“El flujo de información es considerado uno de los pilares para el funcionamiento de la cadena de suministro, pero cuando existen problemas de comunicaciones y conflictos de interés, estos canales de información comienzan a ser ineficientes, provocando así una incertidumbre en el conocimiento de la demanda real. Este fenómeno provoca un exceso o faltante de producto en el eslabón minorista” (Dejonckheere, 2004).

Cuando una cadena de suministro sesga la información entre eslabones, se genera el Efecto Látigo donde provocando una percepción diferente de la demanda en cada uno de los eslabones; pronosticando de manera errónea la demanda, causando costos innecesarios y afectando la experiencia del cliente.

Generalmente, en las cadenas de suministro se presentan afectaciones en los indicadores de interés que invitan a detenerse, para identificar que existen problemáticas dentro de esta que impide ser eficientes (Napolitano, 1998). En las cadenas de suministro se presentan uno de los fenómenos más frecuentes y costosos como lo es el efecto látigo, este fenómeno captura el aumento en la variabilidad de las órdenes a medida en que éstas se mueven a lo largo de la cadena (Gonçalves, 2010).

La variabilidad en las órdenes produce problemas tales como inversiones excesivas de capital, inventarios por encima o insuficientes a lo requerido por la demanda real, factores reflejados en el nivel de servicio prestado al cliente final (Armony y Plambeck 2005).

Este trabajo permitirá evaluar e identificar las fallas presentadas en una cadena de suministro hortofrutícola de la región donde se materializa el efecto látigo; lo anterior se desarrolla con un análisis de sensibilidad en un modelo que represente la estructura actual de la cadena de suministro, mediante el análisis a los resultados se definen los factores y variables de interés a reestructurar para implementar en el modelo propuesto de una cadena de suministro sincronizada y que permita la disminución de los problemas presentados dentro de la cadena objeto de estudio por la materialización del efecto látigo.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La cadena de suministro objeto de estudio tiene como objetivo elaborar, alistar y distribuir los ítems ofertados por esta (Papaya, Pimentón de colores, Maracuyá y Pimentón). Al tratarse de productos perecederos es de gran importancia realizar un pronóstico de demanda que se ajuste a la demanda real, ofertando los ítems de manera oportuna y en la cantidad requerida por el cliente final. De no ser así, la cadena puede generar dos escenarios que perjudican la utilidad final en cada uno de los eslabones y en la cadena general, estos escenarios son:

- Pronóstico de demanda mayor a la demanda real:

Cuando la empresa realiza un pronóstico de demanda por encima de la demanda real genera un sobreabastecimiento donde no puede ser vendido el total de la producción, causando la pérdida del producto y disminuyendo la utilidad.

- Pronóstico de demanda menor a la demanda real:

Si la empresa realiza un pronóstico de demanda por debajo de la demanda real, se genera un desabastecimiento, generando un desaprovechamiento de la oportunidad de venta, inconformidad y/o pérdida de los minoristas y clientes, afectando de igual modo la utilidad.

El fenómeno descrito, se da cuando los minoristas compiten con otros minoristas, y los mayoristas a su vez con otros mayoristas, esta competencia genera que se hagan solicitudes de pedido superiores a los necesarios con el fin de garantizar un inventario seguro para la satisfacción de su cliente inmediato según la estructura de la cadena. Produciendo una falsa impresión de la demanda y una afectación que varía respecto al nivel que ocupa cada eslabón en la cadena de suministro (Lee et al. 1997).

La cadena de suministro objeto de estudio cuenta con un poco más de 30 años posicionada en el negocio de la distribución hortofrutícola, en donde los eslabones se caracterizaban por el buen funcionamiento conjunto para la ejecución de las tareas asignadas para cada uno y su relación socio-económica con el resto de la cadena. Este buen funcionamiento viene siendo afectado en los últimos años por el aumento en los desperdicios provocados por los kilogramos ofertados pero no vendidos en el negocio.

De lo anterior es necesario hacer un análisis de sensibilidad que permita observar el comportamiento en la cadena en diferentes escenarios, y elegir aquella estructura o procesos de trabajo que minimice la aparición del efecto látigo.

La cadena de suministro tradicional, se compone por diversos eslabones, proveedor, productor, mayorista, minorista y el cliente final (Vilana, 2011). La empresa objeto de estudio está compuesta por solo tres eslabones tal como se ve en la Figura 1, a los cuales se realizará el análisis:

#### ESTRUCTURA ACTUAL DE LA CADENA OBJETO DE ESTUDIO

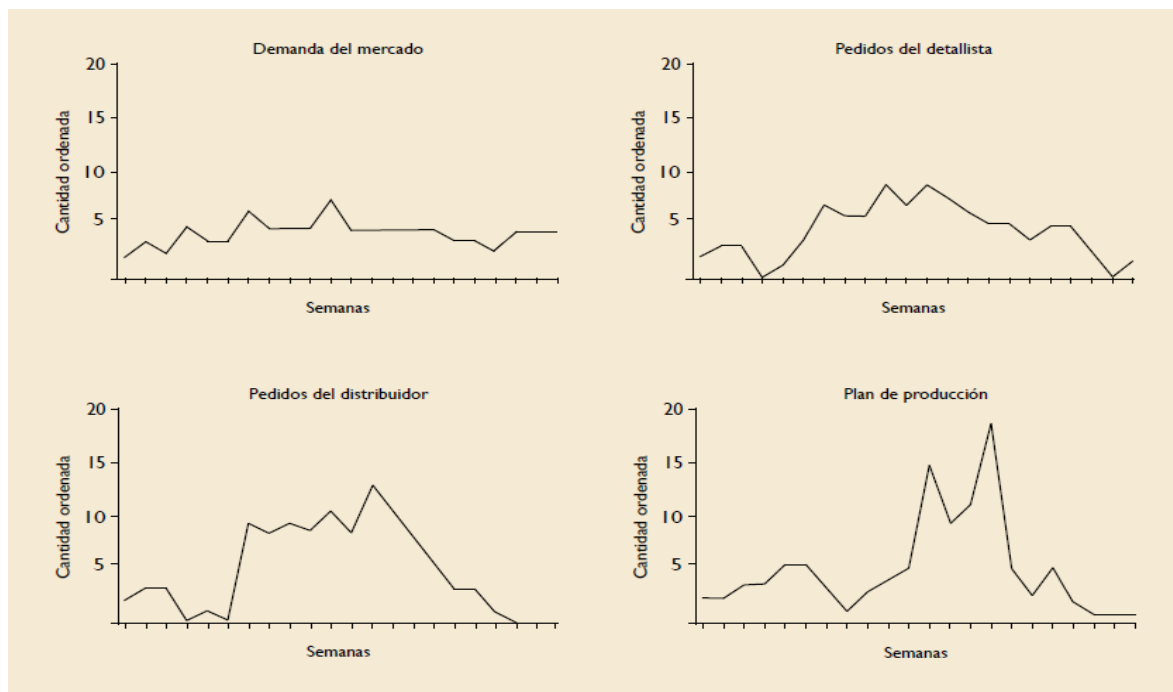


Figura 1. Elaboración propia.

En la cadena de suministro objeto de estudio cada uno de los eslabones trabaja de manera independiente, utiliza métodos de trabajo y pronósticos de demanda de manera empírica basados en la experiencia en el negocio. Este pronóstico se realiza haciendo una comparación mes a mes, con base a la planificación de producción del año anterior y se realiza la solicitud de pedido al eslabón ubicado en la parte superior según el organigrama de la cadena, (Minorista a Mayorista, Mayorista a Productor).

Esta manera empírica como se definen las solicitudes de pedido, contribuye a la aparición del efecto látigo ya que no sustentan las órdenes definidas en una herramienta que se acople al comportamiento y análisis de la demanda real, produciendo una impresión falsa de la demanda y explicando la amplificación de las pérdidas por los kilogramos de ítems no vendidos.

El objetivo general de una cadena de suministro es la atención oportuna y satisfactoria de las necesidades del cliente, por lo que cada eslabón tiende a inflar sus órdenes de pedido una vez la información avanza eslabón a eslabón hacia el productor con el fin de garantizar la disponibilidad del producto, generando así, una falsa impresión de la demanda. Esta distorsión en el pronóstico es cada vez mayor en los eslabones superiores ya que conforme avanza la información cada eslabón eleva su nivel de producción e inventario para atender la supuesta demanda pronosticada como se observa en la Figura 1, donde la percepción de la cantidad demanda en la gráfica de plan de producción es totalmente diferente a la cantidad demandada en la gráfica de demanda del mercado, afectando los indicadores de interés de los eslabones y de la cadena en general.



**Figura 2. Órdenes en la cadena de suministro de los pañales Pampers (Lee et al., 1997)**

La aparición del efecto látigo trae consigo efectos negativos para la cadena de suministro en los indicadores de medición, tales como:

Aumento en:

- Costos de fabricación, elevando capacidad y niveles de stock.
- Costos de inventarios, mayor capacidad de almacenamiento innecesarios.
- Tiempo de ciclo de la orden, por lo que no se pueden satisfacer las órdenes.
- Costo de transporte, cuando las fluctuaciones de la demanda se elevan.
- Costos de mano de obra de embarque y de recepción.

Por el contrario, una disminución en:

- Nivel de disponibilidad del producto, pérdidas de ventas, altos niveles de fluctuación en las órdenes.
- Nivel de relación y comunicación entre las partes de la cadena de suministro, debido al bajo rendimiento causado por el fenómeno, (Águila, 2008)

Por lo tanto los indicadores de medición para la herramienta de análisis serán los costos logísticos ya que son afectados directamente por el efecto Látigo.



La principal causa del efecto Látigo, está basada en el cambio del mercado a través de los años, en el que las empresas además de competir por el mejor producto, han orientado su atención a la mejora y conservación del nivel de servicio al cliente, preocupándose siempre por la satisfacción de este, generando una fidelidad con el producto brindado por la empresa cuando se siente atendido como este lo desea.

Un factor importante, es la forma como están constituidas las cadenas de suministro, ya que cada uno de los eslabones tiende a trabajar de manera independiente, donde el único contacto o flujo de información que se da, es el pedido de productos; ocasionado por la poca confianza entre las partes, herramientas y/o métodos diferentes de trabajo, y diferencia de ideas.

Se estima que en la cadena de suministro tradicional donde la demanda del mercado tiene una variabilidad aproximada menor del 10%, el error de las órdenes de producción puede superar el 26% (Holweg 2005). La cadena de abastecimiento tradicional es propensa a la falta de coordinación debido a sus características estructurales, donde sólo una profunda reformulación de las alianzas y de los mecanismos de coordinación puede limitar la aparición del efecto látigo.

Con base en lo anterior, se busca hacer un análisis general de la cadena de suministro objeto de estudio, y los impactos del efecto en el nivel de inventario y por tanto en los costos logísticos, a lo cual se plantea:

¿Cuáles son los factores que facilitan la aparición del efecto látigo y afectan el desempeño de una cadena de suministro del sector hortofrutícola objeto de estudio?

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL.**

Analizar una cadena de suministro del sector hortofrutícola, identificando factores relevantes que disminuya el impacto del efecto látigo.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Identificar y evaluar la estructura actual de la cadena de suministro objeto de estudio para definir sus características, funcionamiento y restricciones.
- Construir un modelo de Dinámica de Sistemas que represente la estructura y comportamiento general de la cadena de suministro objeto de estudio.
- Analizar escenarios de ejecución, controlando variables de interés para la identificación de factores de influencia en los resultados que favorecen el efecto látigo.

## **5. MARCO REFERENCIAL.**

### **5.1. MARCO TEÓRICO:**

#### **- Cadena de suministro:**

La cadena de suministro es un conjunto de departamentos en el que fluyen personas, materiales, dinero, información, etc.; esta se caracteriza por el flujo hacia delante de los productos ofertados y el flujo hacia atrás de la información compartida entre las partes. El buen funcionamiento de la cadena, depende de la integración entre cada uno de los eslabones interna y externamente. “La integración entre los departamentos de producción y logística son muy importantes para permitir un flujo continuo de materiales desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado, o la integración entre los departamentos de ventas y logística, para el correcto entendimiento de los requerimientos del cliente” [Kahn et. al; 1996]. A partir del nivel de entendimiento de los requerimientos del cliente, se mide el desempeño de la cadena reflejado en el nivel de servicio que ofrece mediante mejores niveles de inventario y realización de pronósticos ajustados a la demanda real.

Las cadenas de suministro surgen como respuesta estratégica de las empresas, ante la consideración “la competencia ya no es negocio a negocio sino cadena a cadena” (Lambert et al. 2000).

En general, una sola empresa no es capaz de controlar todo su canal de flujo de producto, desde la fuente de materia prima hasta los puntos de consumo final, aunque esto sería, una oportunidad emergente (Chopra, 2004). Las cadenas de suministro están clasificadas según su estructura, esta clasificación será descrita en la caracterización de la cadena mediante la teoría de los cuatro arquetipos.

#### **- Gestión de la cadena de suministro:**

Los cinco flujos de alguna actividad económica (dinero, ordenes, materiales, personas y equipos) se interrelacionan mediante una red de información, la cual genera al “sistema”, que viene a ser llamado cadena de suministro, con su propia identidad (Forrester, 1961). Por lo tanto, el alcance de la responsabilidad en la administración de una cadena de suministro, se asemeja muy específicamente a un ente conformado por la organización y sus numerosas relaciones con sus proveedores, distribuidores y clientes (Ganeshan et al. 1999).

Existe la necesidad de coordinación de las actividades y los procesos dentro y entre las organizaciones en la cadena de suministro, que se extiende más allá de la logística. (Lambert et al, 1997), considera que esto es lo que debería ser llamado

ACS, es decir, *la integración de los procesos de negocio a través de la cadena de suministro*. La administración de la cadena de suministro es la integración de los procesos de negocio desde el usuario final, hasta los proveedores que originalmente suministran los productos, servicios e información, agregando valor a los clientes.

Los administradores de la cadena de suministro son responsables de planificar, gestionar, de la asignación de las responsabilidades, métodos de transporte, sistemas de planificación y control, relaciones y flujos de información. Ellos tienen que ponerse de acuerdo, planificar, organizar y coordinar, sus operaciones a través de la explotación de las capacidades ofrecidas por fabricación y por las empresas de logística y de servicio responsables de las actividades de producción, transporte y almacenamiento (Cooper et al. 1993).

## **5.2. ESTADO DEL ARTE.**

Aunque el efecto látigo es un concepto ya antiguo, existen empresas víctimas de efectos negativos provocados por el fenómeno y no se dan cuenta de la existencia de este, por el contrario, dirigen su atención y desarrollan planes estratégicos para atacar otros problemas diferentes al efecto látigo, por lo tanto no obtienen las mejoras óptimas necesarias para la cadena de suministro.

Uno de los primeros interesados en el efecto látigo y sus estudios fue Mitchel en el año 1924 cuando hizo una descripción del caso de los minoristas inflando sus órdenes a los fabricantes, con el fin de competir con otros minoristas por un suministro seguro, este trabajo además de enfocarse en la amplificación de las ordenes, se dedicó a observar la posibilidad de que demandas no cíclicas podrían generar oscilaciones cíclicas en las ordenes y niveles de inventarios en cada uno de los eslabones que se encuentra en la parte superior de la cadena de suministro una vez las ordenes avanzaran a través de esta.

Por otra parte, Forrester en el año 1958 diseñó uno de los primeros modelos que demostró la inestabilidad de las cadenas de abastecimiento, argumentando que las fluctuaciones y amplificaciones no eran solo variaciones de la demanda final, sino que eran causadas por la estructura interna de la cadena.

Para esencia propia de este trabajo, donde se implementará Dinámica de Sistemas para desarrollar el análisis de escenarios, se complementa los trabajos y artículos sobre el efecto látigo, con otros ligados a la herramienta de simulación.

A partir de estas teorías se ha estudiado este fenómeno, sus causas y planes de contingencia que permitan disminuir o eliminar en su totalidad el efecto látigo, por lo cual en la última década se le ha dado la importancia que se merece para así mejorar las medidas de desempeño de las cadenas de suministro.

<b>AÑO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>APORTE</b>
1993	Van Ackere y E. Larsen.	Método para reducción/eliminación del Efecto Látigo.	<p>Proponen una estructura para clasificar los indicadores que pueden ser usados en la cadena de suministro para reducir el efecto látigo. Esta estructura determina 3 enfoques:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Rediseñar el proceso físico de la cadena tales como lead time o la eliminación de un eslabón.</li> <li>2- Rediseñar los canales de información, de manera tal que se provea la demanda del consumidor final a todos los miembros de la cadena.</li> <li>3- Rediseñar los procesos de decisión mediante las políticas de reabastecimiento.</li> </ol>
2006	S. Geary	10 Principios para la reducción del efecto látigo.	<p>El autor propuso 10 principios que pueden ser utilizados para la reducción del efecto látigo, estos son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Sistema de control.</li> <li>2- Comprensión del tiempo.</li> <li>3- Eliminación de un eslabón.</li> <li>4- Sincronización.</li> <li>5- Multiplicador.</li> <li>6- Pronósticos de demanda.</li> <li>7- Consolidación de órdenes.</li> <li>8- Fluctuación del precio.</li> <li>9- Gaming.</li> <li>10- Información transparente.</li> </ol>
2006	Ramón Julián Martín y Andino Benítez	El efecto látigo (bullwhip) en las cadenas de suministro y la dependencia de los agentes que las integran.	Lo describe como un fenómeno que dificulta la gestión de las cadenas de suministro, que consiste en una distorsión creciente de la demanda transmitida por los agentes participantes en la gestión del flujo de información aguas arriba. Este trabajo utiliza la

			<p>ingeniería de control aplicada a modelos que simulan el comportamiento de los agentes en la gestión del inventario. El modelo referido corresponde a un agente que realiza funciones de intermediación ¿compra y vende? En el que debe determinar la cantidad por pedido en cada periodo y que las entregas de su proveedor sufren una demora conocida de antemano. Conforme a esto el agente debe calcular, en cada periodo, sus necesidades de acuerdo con la demanda esperada en el próximo periodo. En el análisis del comportamiento de la demanda transmitida por este agente se han utilizado diversos valores de demora, así como diversos métodos de predicción y de modelo de demanda. Los resultados indican que en la distorsión de la demanda, aparte de las influencias debidas a la formación de lotes de compra, es esencial la forma de gestión del inventario. Para evitar la propagación de una demanda con distorsión creciente, debería establecerse como regla que los agentes no pretendan trabajar independientemente y aislados de los demás eslabones que conforman la cadena de abastecimiento.</p>
2006	Ramón Martín y Ángel Sarabia.	El efecto látigo y la actuación de los agentes independientes en las cadenas de suministro.	Los autores dicen que las causas que provocan el efecto látigo tiene origen en perturbaciones de la demanda, dadas por variaciones en su

			media o varianza, porque los modelos de predicción y gestión del inventario transforma la demanda real en otra de características distintas, por lo tanto se concluye como factor vital para conseguir las disminución de la incertidumbre en el conocimiento de la demanda más cercana a la demanda real. Una solución podría ser la solicitud de materiales o productos a los proveedores en tiempos de entrega más cortos.
2011	José Ramón Vilana Arto.	Gestión de la cadena de suministro.	Clasifica los diferentes tipos de cadenas de abastecimiento, en cadenas tradicionales, donde cada uno de los eslabones toma decisiones independientes provocando la falta de transparencia en la demanda del mercado; y por otro lado cadenas sincronizadas en la cual los eslabones efectúan ordenes sincronizadas y se transmiten información de la demanda en tiempo real, sus niveles de inventario, productos en tránsito y datos de ventas al consumidor, por lo cual se mejora significativamente el rendimiento de la cadena. Se concluye que el trabajo sincronizado de cada una de las partes logra un mayor rendimiento en las medidas de desempeño de la cadena promoviendo la nueva gestión de la cadena de suministro.
2011	Giovanny Bulla Hernández.	Estudio de la desintermediación de una cadena de suministro de consumo	El autor hace énfasis en la meta de la administración de la cadena de suministro como el mejor servicio al cliente al



		masivo. Modelación con dinámica de sistemas.	menor costo. Los costos de la cadena de suministro están condicionados por los inventarios (producto terminado, producto en proceso, etc.) a lo largo de la cadena. Factores como las áreas y departamentos funcionales dentro de las organizaciones, y las débiles relaciones dentro de la cadena de suministro, han sido razones fundamentales para explicar las ineficiencias de la cadena. La tarea de mejorar la eficiencia y reducir costos puede ser aún más difícil, debido al incremento de la personalización en masa de los productos. El autor estudia la cadena de suministro totalmente intermediada y se propone una cadena de suministro a desintermediar. Como resultado, se muestra mediante los modelos, las mejoras e impactos potenciales al realizar un proceso de desintermediación de la cadena de suministro, se concluyó que es de gran importancia la necesidad de poner en práctica los avances en la forma de gestionar las cadenas de suministro, en lo relativo a la previsión de la demanda a lo largo de toda la cadena, y a la formulación de políticas sistemáticas de inventarios. La desintermediación conduce a la obtención de unos niveles de desempeño más elevados.
2011	Sebastián Villa Betancourt.	Efecto de las decisiones de pedidos de clientes mayoristas en cadenas	El autor formula que uno de los problemas más conocidos y costosos en las cadenas de

		de abastecimiento: un análisis experimental.	abastecimiento se puede presentar ante la escasez de un producto en algún eslabón de la cadena, este problema se caracteriza por el aumento de la variabilidad en las órdenes aguas arriba. Se investiga la forma en que un cliente mayorista, enfrentando aumentos en la demanda del minorista, realiza sus pedidos a su único proveedor. Mediante la dinámica de sistemas se describe el problema de los clientes finales inflando órdenes y el proveedor invirtiendo en capacidad. Los resultados muestran que los clientes mayoristas cuando enfrentan agotados de sus productos tienden a inflar sus pedidos por encima de lo percibido, en especial cuando el sistema en el cual toman sus decisiones cuenta con mayores retardos.
2012	Juan Carlos Mejía, Osar Palacio León y Wilson Adarme Jaimes.	Efecto látigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control.	Hace una descripción del efecto látigo como la distorsión del flujo de información aguas arriba de la cadena de abastecimiento, en su segunda parte realiza una descripción de las técnicas de planificación de la demanda sobre las cuales se basa el artículo desarrollando el modelo matemático con el fin de mitigar los efectos del fenómeno, el cual concluye que los métodos de medición no son los culpables de los problemas de abastecimiento y servicio al cliente de la cadena, por el contrario se afirma que el problema está dirigido a la parte funcional y logística de algún

			eslabón o del funcionamiento de toda la cadena..
2012	Álvaro Miguel Sierra, Marcela Gómez Ramírez, Ana Caballero Lafaurie y Daniel Hernando Romero Rodríguez.	Estudio de la estrategia de posposición y su impacto en la reducción de tiempos y costos en la cadena de suministro.	Evalúan la estrategia de posposición en sistemas de manufactura mediante el estudio de casos y la realización de un análisis comparativo de escenarios con el fin de establecer condiciones óptimas de rendimiento en cuanto al tiempo de respuesta al cliente y los costos de operaciones, esto mediante la evaluación de sistemas de producción contra inventario y sistemas basados en el principio de posposición. Como resultado se presenta un análisis cualitativo y cuantitativo de la posposición mediante el cual se verifica su superioridad en flexibilidad, minimización de los costos operativos, disminución y manutención de tiempos de respuesta y en la agilidad en el ciclo de conversión de dinero respecto a sistemas de producción rígidos. La actividad clave de la compañía se encuentra entonces en evaluar las consideraciones tomadas. Las inversiones necesarias y las condiciones bajo las cuales debe trabajar la para cumplir con el logro de estas metas.
2013	Borja Ponte Blanco.	Análisis del efecto de los costos de rotura de stock.	Analizó el efecto de los costos de almacenamiento y de los costos de rotura de stock sobre el efecto látigo, según la cual los clientes eran infinitamente pacientes y leales a la cadena de suministro, unas condiciones en las cuales no tendría sentido

			hablar de costos de rotura de stock. De esta forma, confirma la hipótesis de que el miedo a la rotura de stock es una de las principales causas de la amplificación de la variabilidad de las demandas.
2013	Borja Ponte Blanco.	Análisis del efecto de la cooperación entre agentes.	Demuestra las consecuencias sobre la cadena de suministro si el detallista y el minorista, por un lado, y el mayorista y el fabricante, por otro, comparten la información disponible, elaborando una planificación conjunta para satisfacer la demanda a la que deben hacer frente. De esta forma, a efectos prácticos sería como si la cadena de suministro tan solo quedase formada por dos niveles, además del consumidor. Se valoró el grado de reducción alcanzado en el efecto látigo. Demostrando la eficacia de la cooperación entre agentes en la optimización de la gestión de la cadena de suministro. A través de compartir información entre ellos, dos a dos, se puede alcanzar una gran reducción en el efecto látigo. Concluyendo que éste se genera a través del traslado de información defectuosa a la cadena de suministro. De la misma forma, también se ha visto que la simplificación de la estructura de la cadena de suministro ayuda en la mitigación de la amplificación de la variabilidad de los pedidos.
2014	Marcela Hernández y	Efecto látigo-énfasis en dinámica de sistemas.	En aquellas empresas en las que se produce el fenómeno,

	Cindy Natalia Bernal.		pequeñas fluctuaciones en la demanda pueden generar enormes oscilaciones en los inventarios en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro. En este trabajo se pudo identificar la variabilidad de la demanda como efecto látigo mediante la dinámica de sistemas permitiendo trabajar con diferentes niveles, como el inventario, órdenes de reabastecimiento, fabricación entre otras. Se identificaron las diferentes causas que se dan dentro de la cadena y se presenta un análisis y estrategias de solución a cada una de estas para disminuirlas y que el proceso de la cadena sea óptimo.
--	-----------------------------	--	---

### 5.3. MARCO CONCEPTUAL.

#### 5.3.1. DINÁMICA DE SISTEMAS:

La Dinámica de Sistemas es una metodología que permite construir modelos de sistemas que representan la estructura y las causa de comportamientos en sistemas socio – económicos y naturales (Dyner et al, 2008).

Esta técnica nace en los años cincuenta y es implementada en los años sesenta. J. W. Forrester del Instituto Tecnológico de Massachussets, decide estudiar procesos sociales y económicos, por lo tanto utilizó conceptos propios de la ingeniería automática (Torrealdea, 2004).

La Dinámica de Sistemas satisface la necesidad de una comprensión globalizada de una estructura para una visualización detallada por parte de la administración,

por medio de determinar las causas que provocan los comportamientos del sistema objeto de estudio.

Los problemas analizados con esta técnica, tienen dos características en común:

- Son dinámicos, por lo cual involucran variables cuantitativas que cambian en el tiempo según los escenarios presentados y pueden expresarse en gráficas.
- Siguen un comportamiento de retroalimentación, en el cual se evalúa el flujo de información entre las partes del sistema.

En el estudio de un sistema por medio de dinámica de sistemas se requiere como mínimo datos cuantificables de los elementos que lo componen, para que se puedan establecer relaciones entre estos y determinar el nivel de afectación según los escenarios que sean planteados.

Para el desarrollo de esta herramienta se debe:

- Determinar los elementos que integran el sistema y las relaciones entre estos elementos. Este paso es conocido como diagrama causal (Aracil et al, 1997). En un diagrama causal la naturaleza de relación entre los elementos no está todavía explícita, solo se realiza una conceptualización del modelo en donde se establece qué elementos pueden estar directamente relacionados y cuáles no (Stermán, 2000).

- Clasificar las variables que aparecen en el modelo, que pueden ser:

Variables de estado del sistema (Niveles).

Variables responsables del cambio de las variables de estado (Flujos).

- Se debe encajar los niveles con los flujos responsables del cambio de los mismos construyendo subsistemas por los que circula un flujo continuo de una misma materia desde un nivel a otro o entre un nivel y un sumidero o fuente. También se deben definir lazos de realimentación que definen los valores de las variables de flujo en función de los niveles y la de información que relaciona entre sí los diversos subsistemas conservativos del modelo (Stermán, 2000; Dynér et al 2008).

Una vez construido el diagrama que representa la estructura global del sistema objeto de estudio y de las relaciones entre eslabones y variables que lo conforman, se facilita la observación del funcionamiento tanto global como detallado de todo el sistema. De igual manera, se puede realizar un análisis de escenarios mediante cambios en los niveles y flujos, y a partir de estos escenarios definir aquella estructura que más contribuya al alcance del objetivo del sistema estudiado.

A partir de esta descripción, tomamos la dinámica de sistemas como herramienta de análisis para la cadena de suministro objeto de estudio del presente trabajo.

Para una mejor lectura y comprensión de las gráficas que serán presentadas en el desarrollo de este trabajo, se realiza una descripción de los elementos y relaciones plasmados en los diagramas, simbología y demás herramientas utilizadas; basado en software Vensim PLE utilizada para representar la estructura, diagramas y escenarios planteados de la cadena de suministro objeto de estudio.

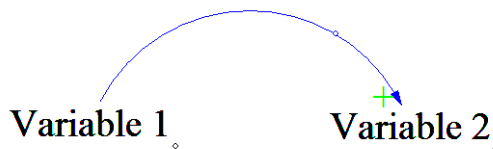
- **Diagrama Causal:**

Para comenzar con el modelo y el diagrama causal de un sistema en este caso la cadena de suministro objeto de estudio, es necesario conocer los elementos que conforman el sistema y variables que interactúan en este.

El Diagrama Causal recoge esta información y la plasma en una gráfica que muestra la relación entre variables a través de flechas que van de un punto a otro. Cada flecha lleva consigo un signo (+ o -), que determina el tipo de influencia ejercida por una variable a otra, como se muestra a continuación:

En una interacción entre dos variables (Variable 1 y Variable 2), se pueden presentar los siguientes casos:

1. Este tipo de relación representa una relación positiva entre variables, lo cual quiere decir que un cambio en la Variable 1 afectara igualmente a la Variable 2, así:  
Un incremento en la Variable 1 genera un incremento en la Variable 2,  
Un decremento en la Variable 1 genera un decremento en la Variable 2.



2. Este tipo de relación representa una relación negativa entre variables, lo cual quiere decir que un cambio en la Variable 1 afectara inversamente a la Variable 2, así:  
Un incremento en la Variable 1 genera un decremento en la Variable 2,  
Un decremento en la Variable 1 genera un incremento en la Variable 2.

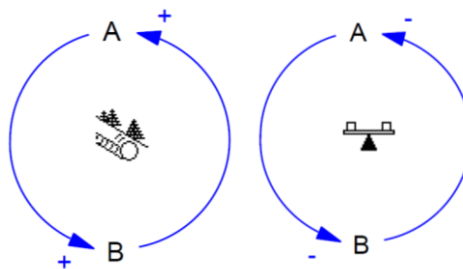


Lo anterior matemáticamente indica que la Variable 2 es una función de la variable 1.

Uno de los factores más importantes considerados en Dinámica de Sistemas y en el estudio de la cadena de suministro estudiada en este trabajo, es el tiempo que transcurre durante el flujo de información y productos entre las partes del sistema ya que este tiempo afecta aumentando o disminuyendo los indicadores de interés que serán evaluados.

#### - Tipos de bucles:

En el estudio mediante la dinámica de sistemas se caracteriza por la aparición bucles, estos dados por relaciones causales en cadenas que trabajan de manera cerrada. Estos bucles pueden ser positivos o negativos y determinan la realimentación del sistema, los negativos que permiten el funcionamiento equilibrado y los positivos donde todas las influencias son positivas.



#### - Diagrama de Forrester:

El diagrama de flujo a diferencia del diagrama causal facilita la observación de las variables, funcionamiento, relaciones e importancia dentro del sistema (Garcia, 2003). A continuación se presentará la simbología más utilizada en Vensim PLE para la construcción de Diagramas.

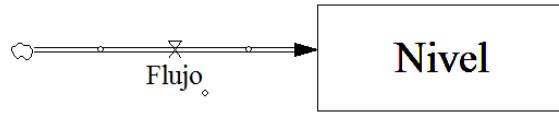
#### - Variables de estado o Niveles:



Las variables de estado o niveles son aquellas que representan la situación del sistema en cada instante de tiempo, estas variables presentan acumulación y varían en función de los flujos.

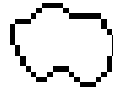


- **Flujos:**



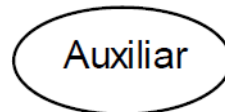
Son un estilo de funciones temporales, las cuales toman las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema que determinan la variación de los niveles.

- **Nube:**



Indica una fuente o sumidero de una variable de estado o nivel, que consume de manera continua e inagotable.

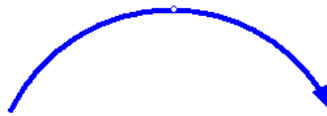
- **Variable auxiliar y parámetros:**



Estas representan los aspectos, condiciones o restricciones que condicionan el comportamiento de los flujos.

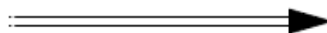
Las variables auxiliares no son niveles ni tampoco flujos; las variables auxiliares guardan consistencia dimensional y son usadas generalmente para dar entendimiento en los pasos que se llevan a cabo, para hacer los cálculos que dan como resultado cambio en las variables de estado.

- **Canales o Flujos de Información:**



Representa la transmisión de información entre miembros del sistema.

- **Canal de material:**



Representa los canales de transmisión física entre miembros del sistema.

Las conexiones entre estos símbolos están dadas por unas reglas ya establecidas como:

- Un canal de material, debe ir o venir de una nube a un nivel, o puede estar dirigida entre niveles.
- Los canales de información deben ir en el sentido de la variable-causa a la variable-efecto.
- Un canal de información no puede ir en cualquier magnitud a un nivel, la única forma de afectar un nivel es por medio de las variables de flujo.

Realizando un análisis global de lo descrito anteriormente observamos que para la construcción de un modelo de dinámica de sistemas se deben de tener datos que coincidan en la representación del comportamiento del sistema a estudiar.

La cadena de suministro objeto de estudio de este trabajo, oferta una serie de ítems cuyas demandas, ventas, costos, parámetros, restricciones y flujos son independientes según el ítem que se procese a través de la cadena. Por lo cual, surge la obligación de realizar un análisis entre ítems que determine aquel producto más significativo, para realizar sobre este el análisis de escenarios cuyos resultados demuestren verídicamente lo que plantea el objetivo del trabajo.

Para esto se tomarán los datos de ventas reales efectuadas al consumidor final en pesos y kilogramos para cada uno de los ítems ofertados por la cadena, a los cuales se aplicará un análisis de Pareto.

## 6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la metodología se lleva a cabo la caracterización general de la cadena de suministro objeto de estudio con el fin de definir su estructura con base en la teoría de los cuatro arquetipos. Una vez definida la estructura organizacional y funcional de cada uno de los eslabones participantes, métodos de trabajo, roles desempeñados y flujos presentados entre estos, se define el ítem más representativo de las ventas totales de la cadena mediante un análisis de Pareto aplicado a los ítems ofertados. Con base a la caracterización de la cadena dirigida a la distribución del ítem más representativo de sus ventas totales del año 2016, se definen las restricciones, factores internos y externos que influyan en el funcionamiento de un eslabón o en el total de la cadena facilitando la aparición del efecto látigo. A partir de esto, definir los datos e información necesarios para el desarrollo del trabajo, la cual es recopilada directamente con cada uno de los eslabones de la cadena de suministro objeto de estudio.

A partir de los datos recopilados, se define el diseño y características del modelo de dinámica de sistemas que representa la estructura actual, sus flujos de información y producto, que permita observar cómo interactúan cada uno de los eslabones de la cadena y que sirva como método de medición y control de los impactos del efecto látigo en el inventario en cada uno de los miembros.

Con base a los cuatro arquetipos se define aquella estructura ideal de una cadena de suministro, para definir aquel escenario que permita minimizar la aparición del efecto látigo mediante la variación de variables de interés, los problemas de flujo de información y su impacto en los costos logísticos y nivel de inventario para su respectivo análisis. A partir del modelo propuesto y la comparación con los resultados de la estructura actual de la cadena, se determina cuáles son las variables que influyen en los resultados y favorecen la aparición y materialización del efecto látigo.

Se concluye determinando el grado de impacto que tienen estos factores para la aparición del efecto látigo, y el nivel de mejora que se tiene cuando se hace una reestructuración de la cadena.

## 7. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.

Se hace una descripción sobre la estructura y roles desempeñados por cada uno de los eslabones de la cadena de suministro (Productor/Cultivo, Mayorista y Minorista) para definir las características y el tipo de cadena de suministro basado en la teoría de los cuatro arquetipos de una cadena de suministro. Mediante diagramas de procesos y flujos que lo represente:

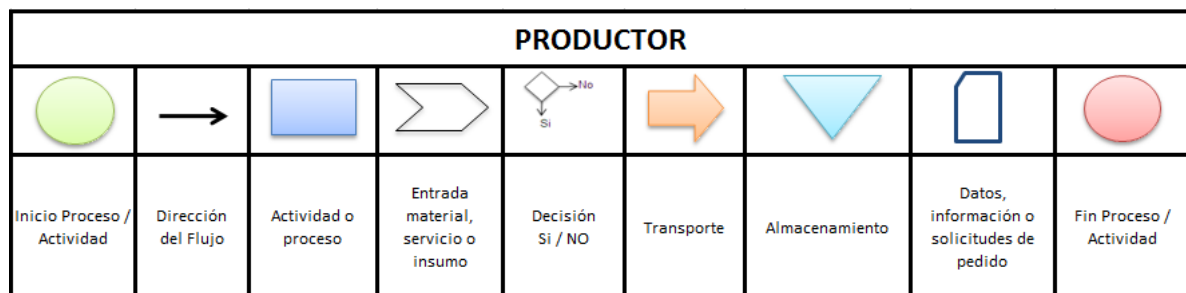


Figura 3. Notación para el diagrama de flujo. (Elaboración propia)

Una vez definido el tipo de cadena, se describirá la teoría de los cuatro arquetipos de manera global, seguido a esto la descripción detallada del arquetipo al cual pertenece la cadena de suministro objeto de estudio, los factores que puedan intervenir en ella y posibles factores generadores del Efecto Látigo.

El objetivo global de la cadena de suministro objeto de estudio es la producción, alistamiento y distribución de cuatro ítems representativos (Maracuyá, Papaya, Pimentón y Pimentón de colores), al área urbana del municipio de Roldanillo Valle del Cauca.

La cadena objeto de estudio está conformada por los eslabones que cumplen una función determinada según se muestra a continuación:

### 7.1. PRODUCTOR O FABRICANTE.

Este se encuentra ubicado en zona aledaña al Municipio de Roldanillo Valle del Cauca, se encarga de los procesos de cultivo, cosecha y despacho de cada uno de los ítems ofertados.

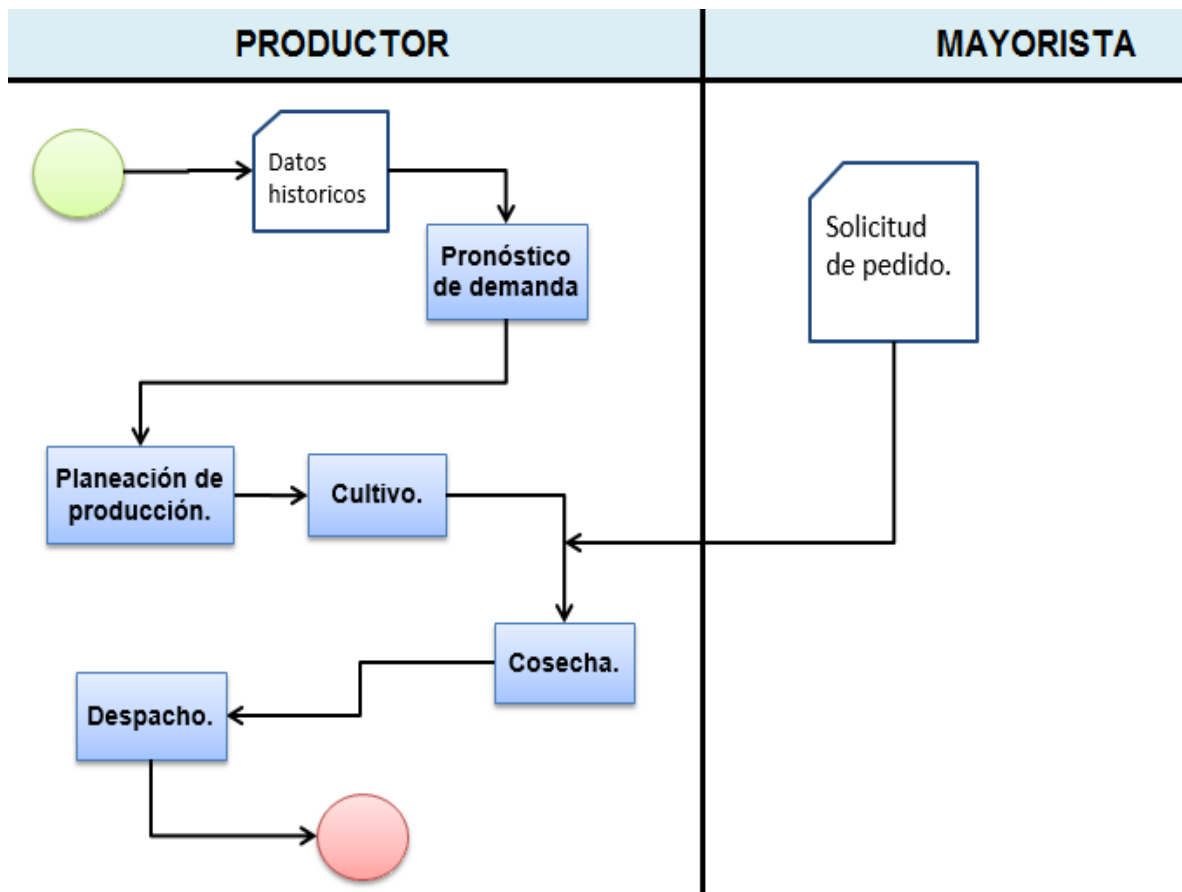


Figura 4. Diagrama de flujo Productor. (Elaboración propia)

### Pronóstico de demanda y planeación de producción.

En este eslabón se lleva a cabo los procesos de cultivo y cosecha de los ítems, los cuales cuentan con un tiempo de ejecución largo. Por lo cual el productor se basa en los datos históricos de pedidos realizados por el mayorista para así realizar su pronóstico de demanda, nivel de inventario y consigo la planeación de producción con un tiempo determinado de antelación, para ejecutar los procesos de cultivo y cosecha con el tiempo que requiera según sea el ítem objetivo.

Es de gran importancia la eficacia del productor para determinar el pronóstico de demanda que se ajuste adecuadamente a la demanda real, por el contrario puede obtener como resultado dos escenarios en el momento que el mayorista solicite o no un pedido, que perjudican el estado de los ítems y por tanto la utilidad. Estos escenarios son:

- Si un cultivo de determinado ítem se encuentra listo para la venta, pero la oferta supera la demanda, el productor al tratarse de productos perecederos puede afectar la calidad o genera la pérdida total del ítem.
- Si el mayorista requiere ante el productor un pedido, pero el cultivo no se encuentra en las condiciones de maduración y condición del ítem para su cosecha, el productor pierde la oportunidad de venta, afectando también su imagen o causando la pérdida de clientes. Esta situación también se presenta cuando el mayorista no puede cumplir con las obligaciones del minorista y cuando el minorista no puede satisfacer los requerimientos y demanda del cliente final.

### **Cultivo, cosecha y despacho:**

Una vez determinado el plan de producción, el cual se presenta en diferentes escalas de tiempo según el ítem y el pronóstico de demanda respectivo para este, con el fin de tener disponibilidad de producto para ser cosechado en el momento justo que el mayorista lo requiera.

**Cultivo:** en este proceso se realizan labores de siembra, abono y seguimiento del cultivo del ítem. Los costos fijos de preparación de estas labores varían según el ítem cultivado.

**Cosecha:** según políticas del productor, el mayorista debe realizar su solicitud de pedido con un día de anterioridad al que lo requiera. Ya que el proceso de cosecha se realiza inmediatamente se recibe la solicitud, esto con el fin de alargar la vida útil del ítem en beneficio al mayorista y minorista.

**Despacho:** el productor realiza el despacho de la solicitud de pedido en un tiempo no mayor a las 24 horas, el ítem se empaca en canastos de madera que varían según el producto, cantidad determinada según la capacidad de resistencia para su traslado sin que se vea afectado ningún componente físico y gustativo.

## **7.2. MAYORISTA.**

Este eslabón se encuentra situado en una Bodega del municipio de Roldanillo Valle del Cauca, se encarga de los procesos de transporte, almacenaje, embellecimiento natural de los frutos y empaque de estos.

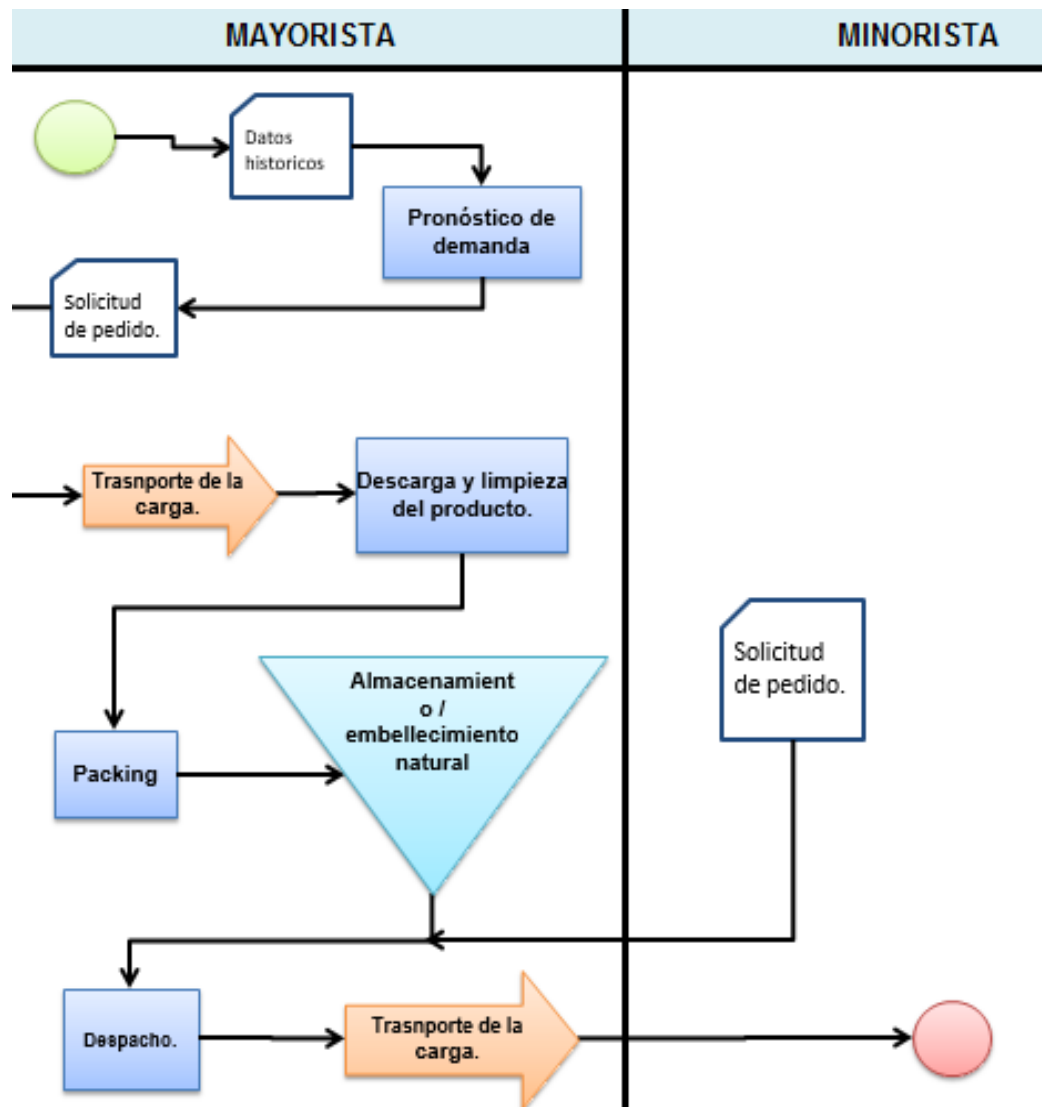


Figura 5. Diagrama de flujo Mayorista. (Elaboración propia).

### Pronóstico de demanda y planeación de producción.

El mayorista realiza el pronóstico de demanda basado en datos históricos de pedidos realizados por el minorista, determina el nivel de inventario y genera la solicitud de pedido al productor. Una vez se hace la solicitud de pedido el mayorista adquiere la propiedad de los kilogramos de producto solicitado.

### **1. Transporte:**

El mayorista se desplaza con la solicitud de pedido y una flota propia de camiones con capacidad de 8 toneladas cada uno, al productor. Una vez el productor realice el alistamiento y despacho de la solicitud, la flota se dirige nuevamente a la bodega para realizar labores de embellecimiento y servicio packing. Una vez sean realizadas estas labores, el mayorista se encarga de la distribución al minorista ubicado en la zona urbana del municipio de Roldanillo. Los costos varían según el ítem.

### **2. Almacenamiento:**

El mayorista se encuentra ubicado en una bodega de alquiler con un costo fijo de \$9, 500,000/mes en la cual se encuentran dos trabajadores permanentes con un costo de \$3, 600,000/mes, con servicios domésticos por un valor de \$800,000/mes. Todos los ítems distribuidos por este eslabón son guardados en esta bodega; al hacer una distribución del costo bodega sobre todos los ítems tenemos que para todos los ítem el costo/ kilogramo en almacenamiento es de \$60.

### **3. Limpieza y embellecimiento natural de los ítem:**

Cuando los ítem llegan a la bodega, los trabajadores proceden a la descarga del pedido realizado, siguiente a esto se realiza la limpieza del producto y se deja en reposo durante 2 días para su embellecimiento natural.

### **4. Packing:**

El mayorista se encarga del proceso de envase y/o empaque del producto terminado para suministrarlo a la sede o minorista correspondiente.

## **7.3. MINORISTA.**

Este eslabón se encuentra ubicado en la zona urbana del municipio de Roldanillo Valle del Cauca, realiza procesos de alistamiento y colocación de los productos en sus estantes para venta al detalle.

Realiza su pronóstico de demanda basado en datos históricos de ventas realizadas, determina su nivel de inventario y elabora la solicitud de pedido al mayorista. Una vez el minorista realiza la solicitud de pedido, el mayorista realiza el despacho, carga y distribución del pedido en un tiempo no mayor a 5 horas.

Es importante aclarar que cuando este realiza la solicitud de pedido al mayorista, adquiere inmediatamente la propiedad de la carga.



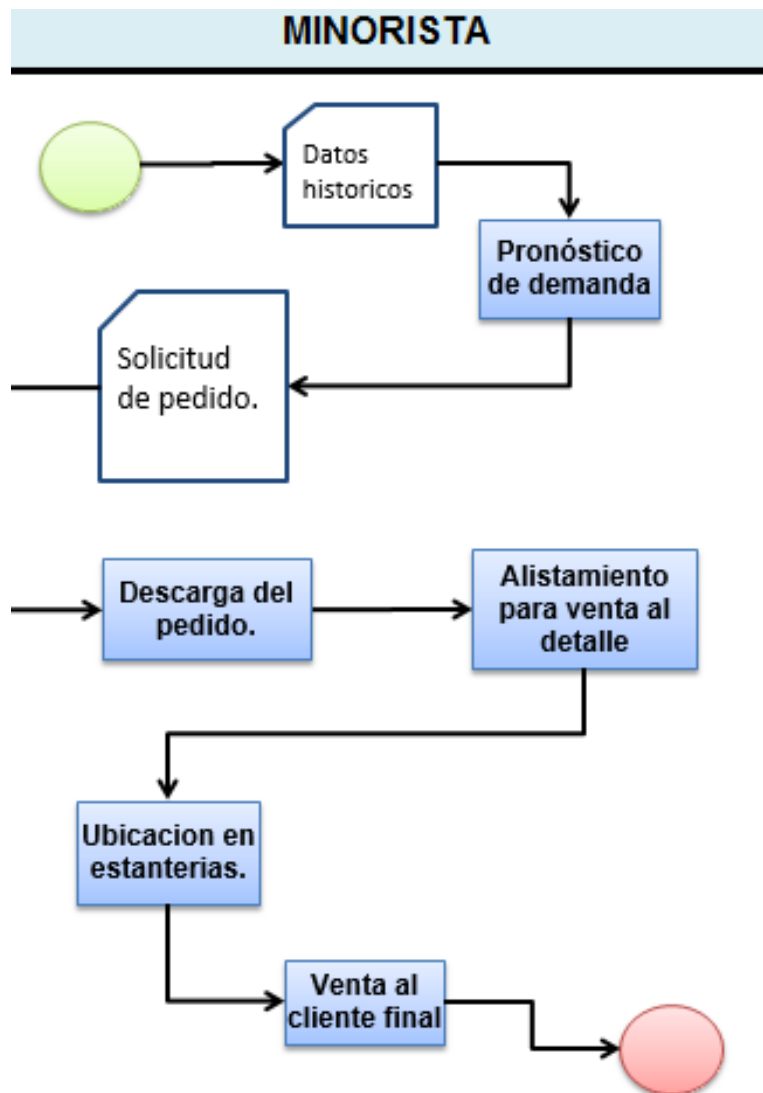


Figura 6. Diagrama de flujo minorista. (Elaboración propia).

La mercancía llega al minorista por lotes de producto, por lo cual el minorista una vez se descarga el pedido, procede a labores de desarmar los lotes para ser exhibidos en estanterías en la modalidad de venta al detalle.

Teniendo ya la descripción de la cadena de suministro objetivo actual, es necesario definir a qué tipo de estructura pertenece. Por lo cual se realizará en el siguiente capítulo una descripción de diferentes tipos de estructura de las cadenas de suministro basado en los cuatro arquetipos de una cadena de suministro (Disney, 2003), con el fin de definir qué estructura la define la cadena objeto de estudio.

## **8. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA BASADO EN LOS CUATRO ARQUETIPOS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO.**

A continuación se presenta la teoría de los cuatro arquetipos de una cadena de suministro, con base a la descripción anterior de la cadena de suministro objeto de estudio se define que estructura la describe.

Para ilustrar los cuatro arquetipos se adopta el modelo de depósito de agua propuesto por Disney (2003). Este modelo representa una cadena de suministro como sistema hidráulico; donde el líquido simboliza los bienes que transitan a través de la cadena (Ítems), las válvulas representan las decisiones que los miembros deben tomar para regular el fluido (Pronóstico de demanda, solicitud de pedido al eslabón superior) y lograr el objetivo de sus actividades, las cisternas simbolizan los inventarios y el fluido contenido representa el nivel de producto almacenado.

En una cadena de suministro, para satisfacer los pedidos del consumidor, el minorista suministra los productos almacenados, con lo que se produce una disminución en el nivel de su inventario. Para reestablecer un nivel de inventario que pueda cumplir con la futura demanda del mercado, el minorista efectúa un pedido a su proveedor representado en la cadena objeto de estudio por el mayorista.

En la analogía hidráulica expresada por Disney este pedido representa la apertura de la válvula entre mayorista y minorista. Como consecuencia del flujo de producto hacia el minorista, el nivel del inventario del mayorista disminuye y se genera la apertura de la válvula entre el mayorista y su proveedor que es representado por el productor en la cadena objeto de estudio. La dinámica válvula-flujo simboliza el proceso orden-entrega, proceso que se repite hasta el productor (Cannella, Ciancimino, Framinan y Disney, 2010).

Las diferencias entre los arquetipos están dada por distintas modalidades mediante las cuales los eslabones regulan las válvulas en función del nivel de información operacional intercambiada entre los miembros. La decisión acerca del pedido puede ser tomada independientemente por cada miembro de la cadena o conjuntamente entre miembros. En el primer caso, un eslabón suele basarse en la información relativa a su propia empresa, intentando optimizar sus beneficios y minimizar sus costes. En el segundo, los miembros comparten un conjunto de información estratégica y con esa información “regulan las válvulas” para tomar “buenas decisiones comunes” a fin de mejorar la eficiencia de toda la cadena y eliminar los costes innecesarios.

A continuación se hace una descripción de los cuatro tipos de cadena de suministro basados en (Cannella, Ciancimino, Framinan y Disney, 2010).

### 8.1. La cadena de suministro “TRADICIONAL”:

La cadena de suministro tradicional cuenta con una estructura logística descentralizada donde cada miembro toma sus decisiones de forma independiente de las decisiones de sus socios (otros eslabones de la cadena).

Como se observa en la Figura 7, cada uno de los eslabones toma decisiones de pronóstico de demanda, solicitudes de pedido y planeación de operaciones basados únicamente en su propio nivel de inventario sin considerar la situación de los otros miembros de la cadena. La única información entre los miembros de este tipo de cadena son las solicitudes de pedido. Por lo tanto, el mayorista y el productor no interactúan directamente con el consumidor final, desconociendo los datos reales de venta que efectúa el minorista.

Cada uno de los eslabones realiza su pronóstico de demanda y planeación de producción basado solo en los datos históricos de las solicitudes de pedido recibidas de su eslabón inferior.

Algunas de las características más significativas de este tipo de cadena es la falta de transparencia de la demanda del mercado que impide una coordinación sinérgica entre todos los eslabones en el proceso de creación de valor para el cliente final. El proceso de pedido-entrega de productos entre eslabones se caracteriza por un conjunto de retrasos debidos a los tiempos de producción y de transporte, así como a los eventuales retrasos en el flujo de información generando descoordinación en la cadena de suministro. La consecuencia directa es una ineficiencia global de la red de producción-distribución, materializada en la aparición del efecto látigo.

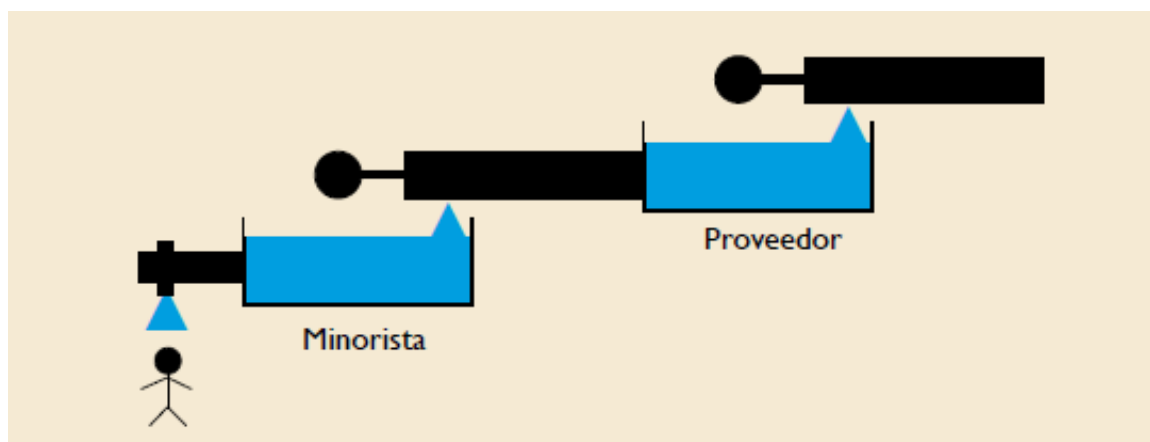


Figura 7. Cadena de suministro tradicional. (Disney, 2007)

## 8.2. La cadena de suministro “A INFORMACIÓN COMPARTIDA”

La cadena de suministro a información compartida cuenta con una estructura logística descentralizada en la cual los miembros realizan los pedidos de forma independiente. A diferencia de la cadena tradicional, todos los miembros tienen acceso a la demanda del mercado y la utilizan para tomar decisiones sobre la cantidad pedida al proveedor y la planeación de producción.

Algunas de las características más significativas de este tipo de cadena, como se observa en la Figura 8, aunque los miembros realizan los pedidos de manera autónoma, el tener en cuenta una información estratégica de tanto valor añadido como la demanda del mercado para las decisiones de pedidos, mejora el flujo del producto en toda la cadena. En este arquetipo los retrasos en la comunicación entre los miembros de la cadena se eliminan y la incertidumbre sufrida por los eslabones de una cadena tradicional sobre las tendencias del mercado se reduce considerablemente.

Compartir los datos de ventas entre los miembros puede resultar una estrategia simple cuyos beneficios se cuantifican en una reducción de la variabilidad de las órdenes de hasta el 20% (Kelepouris 2008) y en una reducción de los costes de almacenamientos y de servicio al cliente de entre el 8% y el 19% (Hosoda y Disney, 2006).

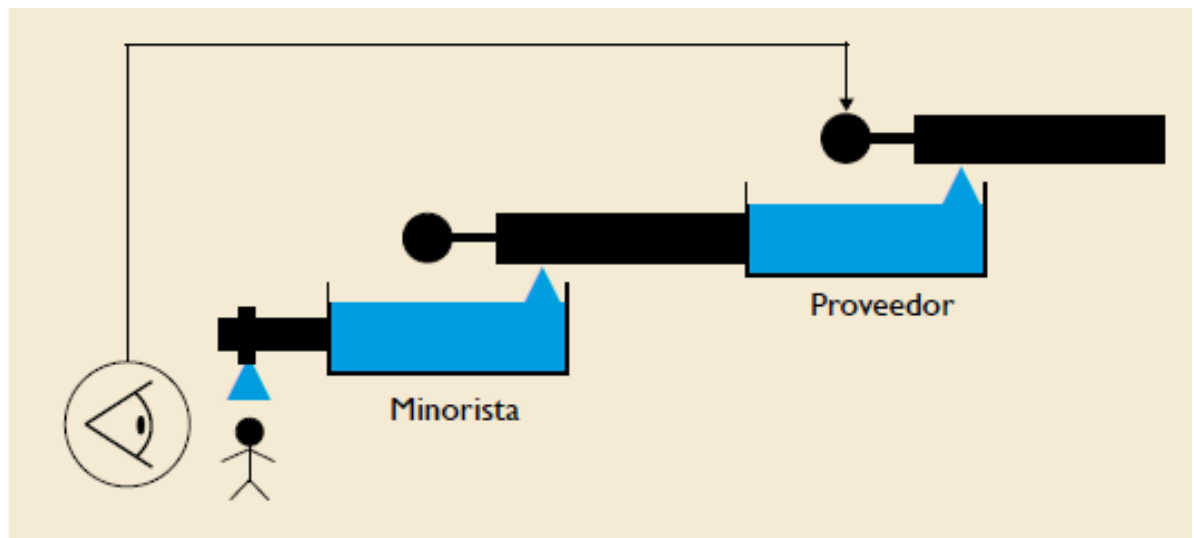


Figura 8. Cadena de suministro a información compartida. (Disney, 2007)

### 8.3. La cadena de suministro “CON PEDIDO GESTIONADO POR EL PROVEEDOR”:

La cadena de suministro con pedido gestionado por el proveedor cuenta con una estructura logística centralizada en la cual las decisiones sobre la cantidad pedida por el minorista están tomadas por el proveedor.

Como se observa en la Figura 9, la centralización de las decisiones no modifica estructuralmente las reglas de pedido de los eslabones con respecto a la cadena de suministro tradicional. Aunque el proveedor tiene acceso a la información sobre el nivel de inventario de los miembros, genera su propio pedido y los pedidos de sus minoristas con la misma lógica de cadena tradicional.

En este tipo de cadena, al igual que en la cadena tradicional se garantiza un nivel de inventario para cada uno de los eslabones.

Algunas de las características de este tipo de cadena se observa en la ventaja de esta configuración que consiste en delegar los derechos de decisión a los miembros aguas arriba de la cadena. Los miembros simplifican la gestión del proceso de producción-distribución, reducen los costes transaccionales y logran alcanzar economías de escala. No obstante, las modalidades de generación de los pedidos no difieren de las filosofías adoptadas en la cadena de suministro tradicional. El proveedor, aun teniendo acceso a los datos de inventario de sus minoristas, no utiliza esta información estratégica para generar órdenes de producción sincronizadas (Holweg 2005).

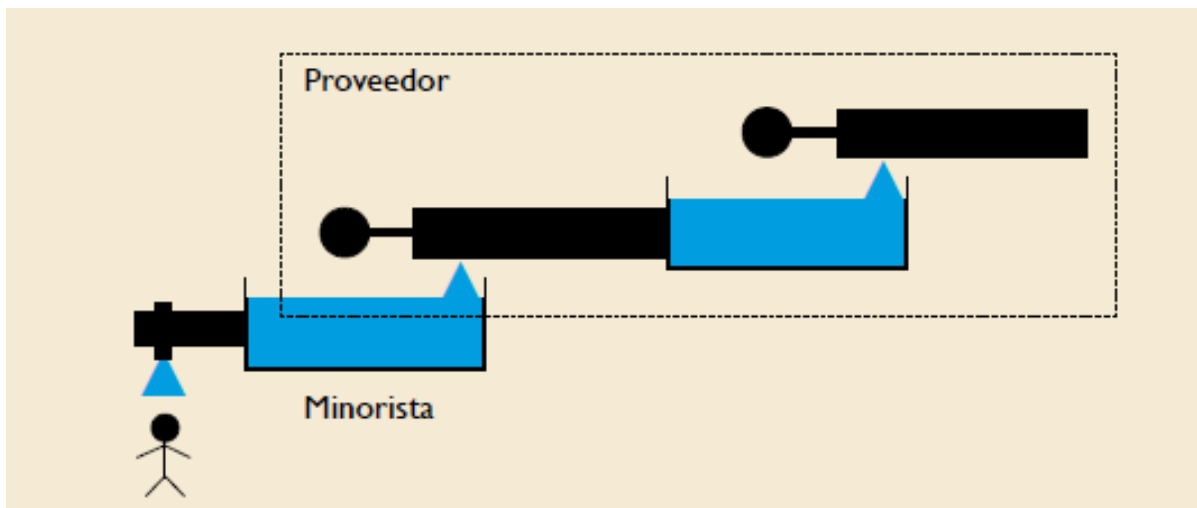


Figura 9. Cadena de suministro con pedido gestionado por el proveedor (Disney, 2007)

#### 8.4. Cadena de suministro con pedido gestionado por el proveedor La cadena de suministro “SINCRONIZADA”:

La cadena de suministro sincronizada como se observa en Figura 10, cuenta con una estructura logística centralizada, en la cual todos los eslabones efectúan pedidos de modo coordinado. Los eslabones se transmiten información en tiempo real sobre sus niveles de inventario, productos en tránsito y datos de ventas al consumidor. El proveedor emite las órdenes de producción en función de la demanda del mercado y considerando todos los inventarios de la cadena como un único inventario.

Algunas características de este tipo de cadena:

La información compartida se emplea para generar pedidos sincronizados que mejoran sinérgicamente los rendimientos de la cadena, creando un beneficio extendido para todos los miembros.

Este resultado se alcanza gestionando todos los inventarios como una sola entidad.

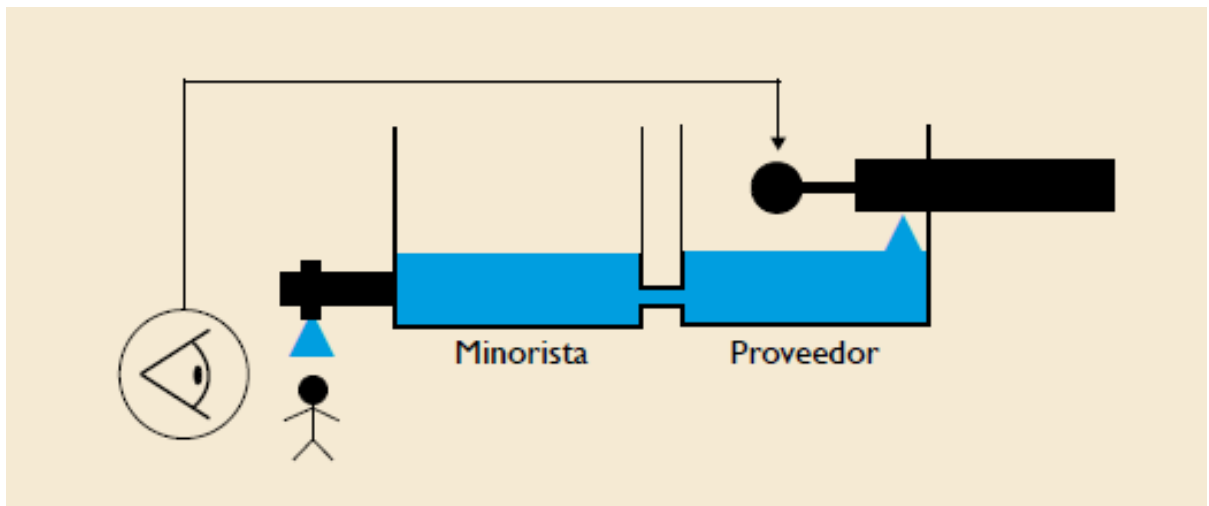


Figura 10. Cadena de suministro sincronizada. (Disney, 2007)

Teniendo la descripción de los cuatro arquetipos según (Cannella, Ciancimino, Framinan y Disney, 2010), observamos cuál de estos tipos representa la cadena de suministro actual objeto de estudio, con el fin de diseñar los posibles escenarios que se pueden presentar en la cadena. Dando cumplimiento al primer objetivo.

Para facilitar la relación entre la cadena objeto de estudio y los tipos de cadena, se presenta a continuación un esquema que describe cada uno de los cuatro arquetipos por medio de su principal característica. (Figura 11)

Información sobre la demanda del mercado	NO	<b>CADENA TRADICIONAL</b> La única información que un miembro genérico recibe de sus socios son los pedidos de su cliente directo	<b>PEDIDO GESTIONADO POR EL PROVEEDOR</b> El proveedor tiene acceso a la información sobre el nivel de inventario de los miembros
	SÍ	<b>INFORMACIÓN COMPARTIDA</b> Todos los miembros tienen acceso a la demanda del mercado	<b>CADENA SINCRONIZADA</b> Los miembros se transmiten información sobre sus niveles de inventario, productos en tránsito y datos de ventas al consumidor
		NO	SÍ
		Información sobre los niveles de inventarios	

Figura 11. Resumen características de las cadenas. (Disney 2007)

Observamos que la cadena de suministro objeto de estudio lleva un comportamiento según lo descrito en una **cadena de suministro tradicional**, ya que cada uno de sus eslabones realiza su pronóstico de demanda, definición de inventario y programación de operaciones para la atención de la demanda al eslabón inferior, basado en las solicitudes de pedido suministrada por este.

Para plasmar el modelo y realizar el análisis de escenarios que se pueden presentar en la cadena de suministro actual objeto de estudio se utilizará una herramienta llamada Dinámica de Sistemas, de la cual se hará una descripción a continuación.

## 9. ÍTEMS Y VENTAS.

La cadena de suministro objeto de estudio oferta cuatro ítems (papaya, maracuyá, pimentón y pimentón de colores), con el fin de evitar una distorsión en los resultados arrojados por el modelo de dinámica de sistemas debido a las diferentes medidas de manejo que conlleva el proceso de cada ítem, se realiza un análisis de Pareto que determine el ítem más representativo de la cadena.

### 9.1. ANÁLISIS DE PARETO POR KILOGRAMOS:

Basados en la teoría del Análisis de Pareto, se implementa esta herramienta sobre las ventas totales del año 2016 expresadas en kilogramos y el porcentaje de representación en las ventas como se expresa en la siguiente tabla, con el fin de determinar el ítem de mayor influencia en las ventas efectuadas por la cadena de suministro.

VENTAS TOTALES EXPRESADAS EN KGS - AÑO 2016				
Producto	KGS	Cantidad acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
Papaya	722286.916	722286.916	84.46%	84.46%
Pimentón	77473.000	799759.916	9.06%	93.52%
Maracuyá	45277.400	845037.316	5.29%	98.81%
Pimentón de colores	10158.000	855195.316	1.19%	100.00%
TOTALES	855195.316		100.00%	100.00%

Tabla 1. Ventas totales expresadas en Kgs para el año 2016

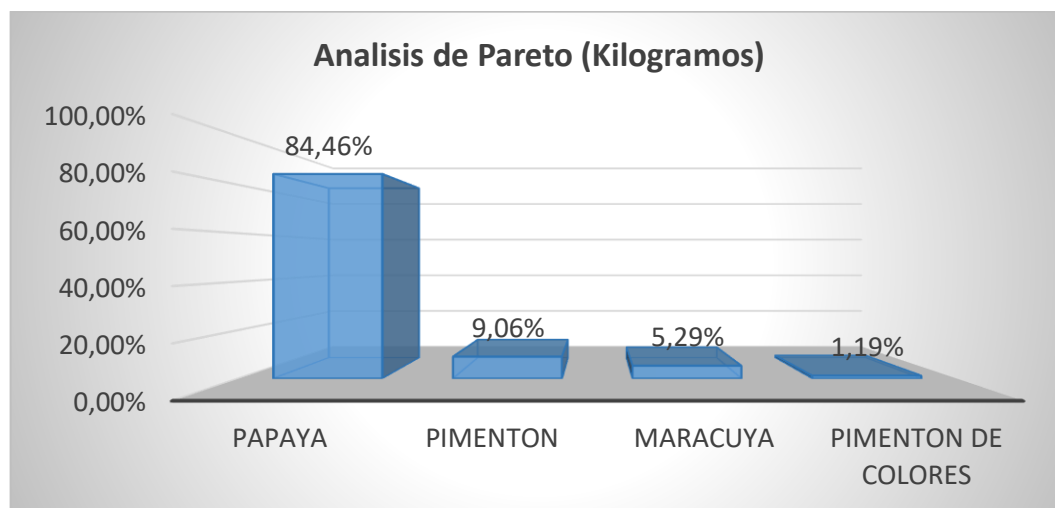


Figura 12. Análisis de Pareto por kilogramos.



## 9.2. ANÁLISIS DE PARETO POR PRECIO:

VENTAS TOTALES EXPRESADAS EN KGS - AÑO 2016				
Producto	PRECIO (\$)	Cantidad acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
Papaya	\$ 1,126,053,27	\$ 1,126,053,272	83.28%	83.28%
Pimentón	\$ 134,501,59	\$ 1,260,554,867	9.95%	93.23%
Maracuyá	\$ 53,781,70	\$ 1,314,336,567	3.98%	97.21%
Pimentón de colores	\$ 37,745,45	\$ 1,352,082,017	2.79%	100.00%
TOTALES	\$ 1,352,082,01		100.00%	100.00%

Tabla 2. Análisis de pareto por precio

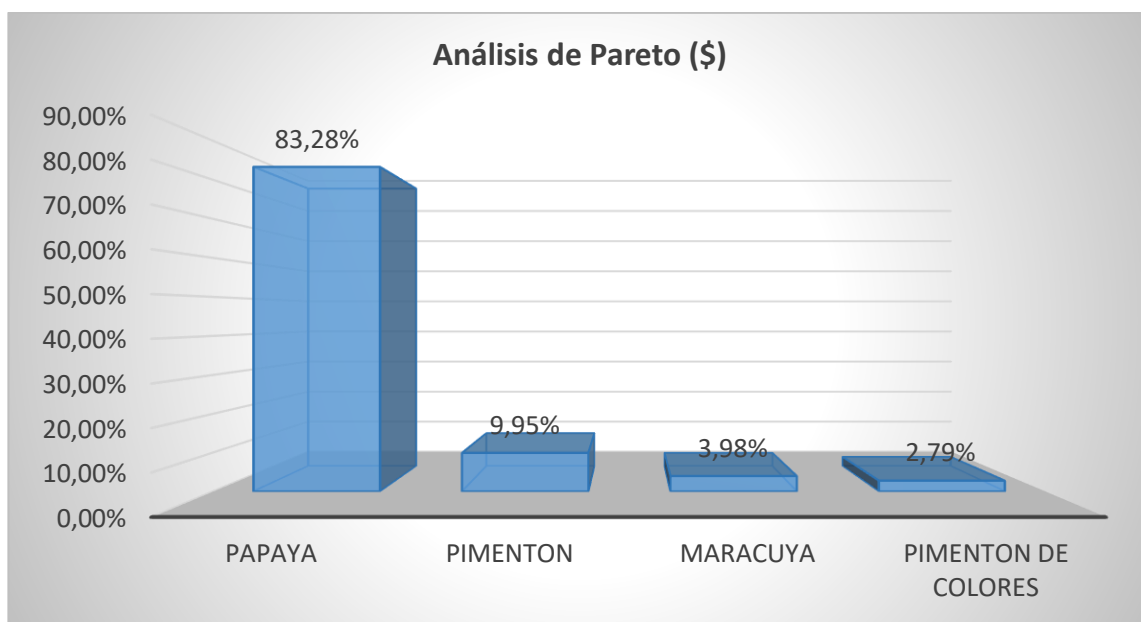


Figura 13. Análisis de Pareto por precio.

Con base en las Figuras 12 y 13 y la teoría de Pareto, el cual estipula que el 20% de los elementos analizados en este caso los ítems, representa el 80% de los indicadores de interés como lo son las ventas expresadas en kilogramos y la cantidad en pesos.

Basado en el anterior criterio se tiene en el Análisis de Pareto (Kilogramo) que el ítem Papaya representa el 84.46% en kilogramos de las ventas totales, el ítem Pimentón el 9.06% en kilogramos de las ventas totales, el ítem Maracuyá el 5.29%

en kilogramos de las ventas totales y el ítem Pimentón de colores el 1.19% en kilogramos de las ventas totales.

Por otro lado en el Análisis de Pareto (\$) se tiene que el ítem Papaya representa el 83.28% de pesos de las ventas totales, el ítem Pimentón el 9.95% de pesos de las ventas totales, el ítem Maracuyá el 3.98% de pesos de las ventas totales y el ítem Pimentón de colores el 2.79% de pesos de las ventas totales.

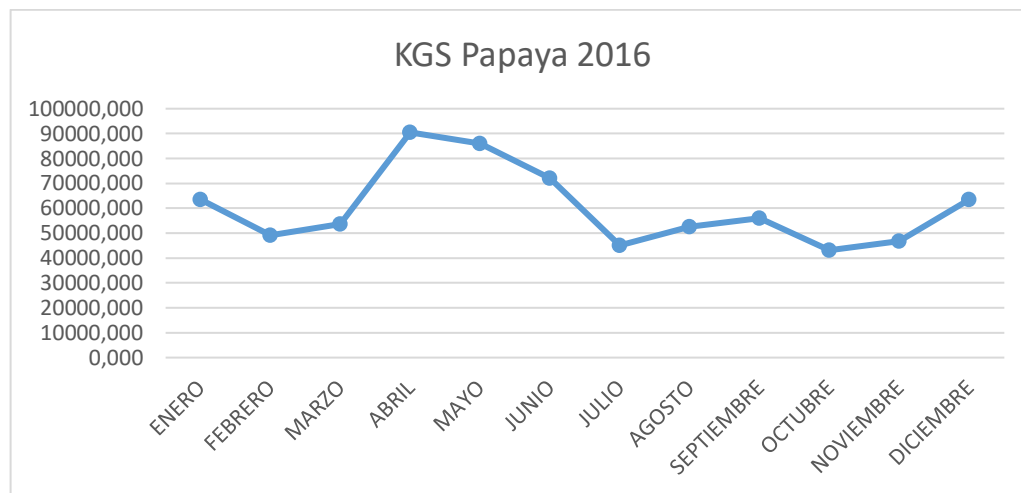
A partir de los anteriores análisis se obtiene al ítem Papaya como el más representativo de las ventas y distribuciones realizadas por la cadena de suministro objeto de estudio, con un porcentaje del 84.46% de los kilogramos de venta totales durante al año 2016 y con un porcentaje del 83.28% de los pesos de las ventas totales realizadas en el año 2016; con base en lo anterior, se escoge al ítem Papaya como producto objeto de estudio y por lo cual todas las herramientas y análisis que se llevarán a cabo en este trabajo estarán dirigidas a este ítem, tal como se explicó al comienzo de la caracterización de la cadena de suministro y por las razones dadas en la descripción de la herramienta Dinámica de Sistemas.

Se presentan los resúmenes de ventas por ítem donde se describe los meses de ventas, cantidad en kilogramos, ítem, cantidad de la venta total de los meses y el valor total de la venta por ítem del año 2016; para la Sede Roldanillo.

#### ÍTEM PAPAYA:

RESUMENES DE VENTAS - PRINCIPAL ROLDANILLO 2016				
MES	DESCRIPCION	U.M	CANTIDAD	VALOR VENTA
Enero	Papaya	KGS	63573.000	\$ 104,859,500
Febrero	Papaya	KGS	49183.000	\$ 78,418,656
Marzo	Papaya	KGS	53697.000	\$ 100,847,892
Abril	Papaya	KGS	90478.000	\$ 148,258,010
Mayo	Papaya	KGS	85938.000	\$ 115,437,976
Junio	Papaya	KGS	72048.000	\$ 106,668,900
Julio	Papaya	KGS	45116.332	\$ 75,487,740
Agosto	Papaya	KGS	52590.918	\$ 87,098,888
Septiembre	Papaya	KGS	56066.666	\$ 93,967,110
Octubre	Papaya	KGS	43134.000	\$ 66,276,850
Noviembre	Papaya	KGS	46858.000	\$ 67,351,150
Diciembre	Papaya	KGS	63604.000	\$ 81,380,600
TOTAL 2016	Papaya	KGS	722286.916	\$ 1,126,053,272

Tabla 3. Ventas ítem Papaya Roldanillo 2016.



**Figura 14. Kgs Papaya 2016.**

En la Figura 12 se observa el comportamiento de las ventas de Papaya en el 2016 expresada en kilogramos, donde se aprecia que los meses de mayor demanda fueron marzo, abril y mayo; por el contrario se percibe una tendencia de bajo consumo en febrero, julio, octubre y noviembre.

Es necesario hacer una revisión del comportamiento del precio/kilogramo del ítem Papaya en el año 2016 y trabajar con un precio promedio, para que una vez ejecutado el modelo de Dinámica de Sistemas se tenga una unidad o indicador de medición monetario que permita observar el impacto en los costos logísticos globales de la Cadena de Suministro, como se observa en la siguiente tabla.

PRECIOS AÑO 2016			
MES	DESCRIPCIÓN	U.M	PRECIO/KILOGRAMO ROLDANILLO
Enero	PAPAYA	\$/KGS	1,649.43
Febrero	PAPAYA	\$/KGS	1,594.43
Marzo	PAPAYA	\$/KGS	1,878.09
Abril	PAPAYA	\$/KGS	1,638.61
Mayo	PAPAYA	\$/KGS	1,343.27
Junio	PAPAYA	\$/KGS	1,480.53
Julio	PAPAYA	\$/KGS	1,673.18
Agosto	PAPAYA	\$/KGS	1,656.16
Septiembre	PAPAYA	\$/KGS	1,675.99
Octubre	PAPAYA	\$/KGS	1,536.53
Noviembre	PAPAYA	\$/KGS	1,437.35
Diciembre	PAPAYA	\$/KGS	1,279.49

**Tabla 4. Precios ítem Papaya año 2016**

El precio/kilogramo promedio de venta del ítem papaya durante el año 2016 es de \$1,570.

A continuación se presenta la descripción de la cadena de suministro objeto de estudio direccionado a la oferta de solo el ítem Papaya.

Una vez definido el ítem más representativo en la cadena de suministro objeto de estudio en este caso el ítem Papaya, determinando su precio promedio de venta en el año 2016, el comportamiento de la demanda y el funcionamiento general de la cadena, es de gran importancia determinar el comportamiento de la cadena de suministro dirigida a la venta y distribución del ítem Papaya, junto con los indicadores obtenidos durante el año, las ventas, pronósticos y costos fijos individuales de cada uno de los eslabones.

Para este análisis tomaremos para cada uno de los eslabones:

- Los pronósticos y/o solicitudes de pedido realizados para cada mes.
- Las ventas reales efectuadas para cada mes.
- El precio/kilogramo por mes.

A partir de estos datos suministrados por cada uno de los eslabones de la cadena, se definirá los kilogramos no vendidos por parte de cada eslabón, las pérdidas por no vendidos y la utilidad neta de las ventas menos los no vendidos específica para cada uno de sus eslabones.

Estos resultados serán utilizados como validación del modelo que representa la estructura actual de la cadena de suministro.

## **10. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DIRIGIDA A LA PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y VENTA DEL ÍTEM PAPAYA.**

Los miembros de la cadena de suministro (productor, mayorista y minorista) utilizan métodos empíricos para la determinación del pronóstico de la demanda, con base al plan de producción aplicado en el año anterior al que se quiere pronosticar. Es decir, si un eslabón de la cadena quiere conocer el pronóstico de la demanda para el mes de Enero del año 2017, toma como base los datos del plan de producción efectuado en el mes de Enero del año 2016. Este método, afirman los miembros de la cadena, lo adoptan con base a la observación y determinación de que el comportamiento de la demanda es cíclico año-año.

### **10.1. PRODUCTOR: CULTIVO ÍTEM PAPAYA.**

El productor cuenta con un sistema de cultivo periódico, esto con el fin de siempre contar con producto disponible para ofertar al mayorista.

En este caso para la cadena de suministro el producto ofertado tiene un proceso de producción largo (de 8 a 14 meses), el ítem al ser un producto altamente perecedero maneja un sistema de cosecha cuyo principio está basado en “El cultivo con mayor edad, es el cultivo que se primero se cosecha para satisfacer la demanda del mayorista”. Para este sistema la empresa ya tiene definido con anterioridad basado en los datos históricos de ventas realizadas, aquellos cultivos que están próximos a cosecharse.

A continuación se presenta las labores realizadas por cada uno de los eslabones con los costos fijos que estos demandan.

- Los primeros dos meses se llevan a cabo el proceso de pre siembra, en donde se adecua el terreno y se deja en reposo, seguido a esto se realiza el proceso de siembra; hasta el octavo mes se abona el terreno y hace seguimiento al progreso y condición del cultivo.
- Del mes ocho hasta el mes doce del cultivo el ítem Papaya ya se encuentra listo para cosechar en las referencias fruta selecta, corriente e industrial, las anteriores referencias se definen según el peso, condición y porcentaje de maduración de la fruta. Del mes decimotercero al mes decimocuarto se llevan a cabo la cosecha final del cultivo en donde se recoge la Papaya referencia muy corriente e industrial. La condición de maduración es muy importante, ya que se tiene que garantizar las condiciones de la Papaya para su distribución y consumo final. Cuando la Papaya es cosechada el porcentaje de maduración oscila entre el 20% y 30%.

El costo que representa la mano de obra y todos los insumos aplicados durante el cultivo es de \$400/kilogramo.

La atención del pedido al Mayorista en condiciones normales es menor o igual a 30 horas.

- **Datos del productor para el año 2016.**

#### 1. Ventas reales Productor → Mayorista.

<b>Mes</b>	<b>U.M</b>	<b>Ventas</b>	<b>Valor venta</b>	<b>Valor KG</b>
<b>Enero</b>	KGS	66.431	\$ 49.768.469	\$ 749
<b>Febrero</b>	KGS	52.090	\$ 36.159.302	\$ 694
<b>Marzo</b>	KGS	56.247	\$ 55.000.644	\$ 978
<b>Abril</b>	KGS	95.829	\$ 70.755.793	\$ 738
<b>Mayo</b>	KGS	90.623	\$ 40.147.535	\$ 443
<b>Junio</b>	KGS	74.072	\$ 42.981.836	\$ 580
<b>Julio</b>	KGS	47.816	\$ 36.958.193	\$ 773
<b>Agosto</b>	KGS	54.885	\$ 41.488.161	\$ 756
<b>Septiembre</b>	KGS	59.389	\$ 46.069.910	\$ 776
<b>Octubre</b>	KGS	46.170	\$ 29.377.279	\$ 636
<b>Noviembre</b>	KGS	49.455	\$ 26.561.751	\$ 537
<b>Diciembre</b>	KGS	67.287	\$ 25.517.691	\$ 379
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>760.295</b>	<b>\$ 500.786.564</b>	<b>\$ 670</b>

**Tabla 5. Ventas reales Productor -> Mayorista**

Con el fin de tomar datos que sigan los lineamientos del modelo, se hace un balance de los datos durante el año 2016.

Como se observa en la Tabla 5, en el año 2016 el productor realiza ventas al mayorista por una cantidad de 760.295 kilogramos por un valor monetario de \$500.786.564; el precio promedio de negociación entre estos dos eslabones fue de \$670/kilogramo.

## 2. Pronostico del productor.

Mes	U.M	Producción pronóstico	Valor de producción
Enero	KGS	69.486	\$ 27.794.552
Febrero	KGS	53.757	\$ 21.502.691
Marzo	KGS	58.626	\$ 23.450.595
Abril	KGS	100.218	\$ 40.087.223
Mayo	KGS	93.795	\$ 37.518.003
Junio	KGS	76.916	\$ 30.766.540
Julio	KGS	50.197	\$ 20.078.886
Agosto	KGS	57.745	\$ 23.098.009
Septiembre	KGS	62.097	\$ 24.838.753
Octubre	KGS	48.239	\$ 19.295.534
Noviembre	KGS	52.313	\$ 20.925.315
Diciembre	KGS	69.912	\$ 27.964.639
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>793.302</b>	<b>\$ 317.320.742</b>

Tabla 6. Pronóstico del Productor

En la Tabla 6, el productor realiza un pronóstico de demanda con el cual define un plan de producción anual para el 2016 de 793.302 kilogramos cuyo valor de producción es de \$317.320.742. Si se realiza una comparación entre el plan de producción de la Tabla 6 y las ventas reales de la Tabla 5, se observa que existe una diferencia en donde el productor oferta más que lo demandado por el mayorista, esta diferencia se presenta en la Tabla 7.

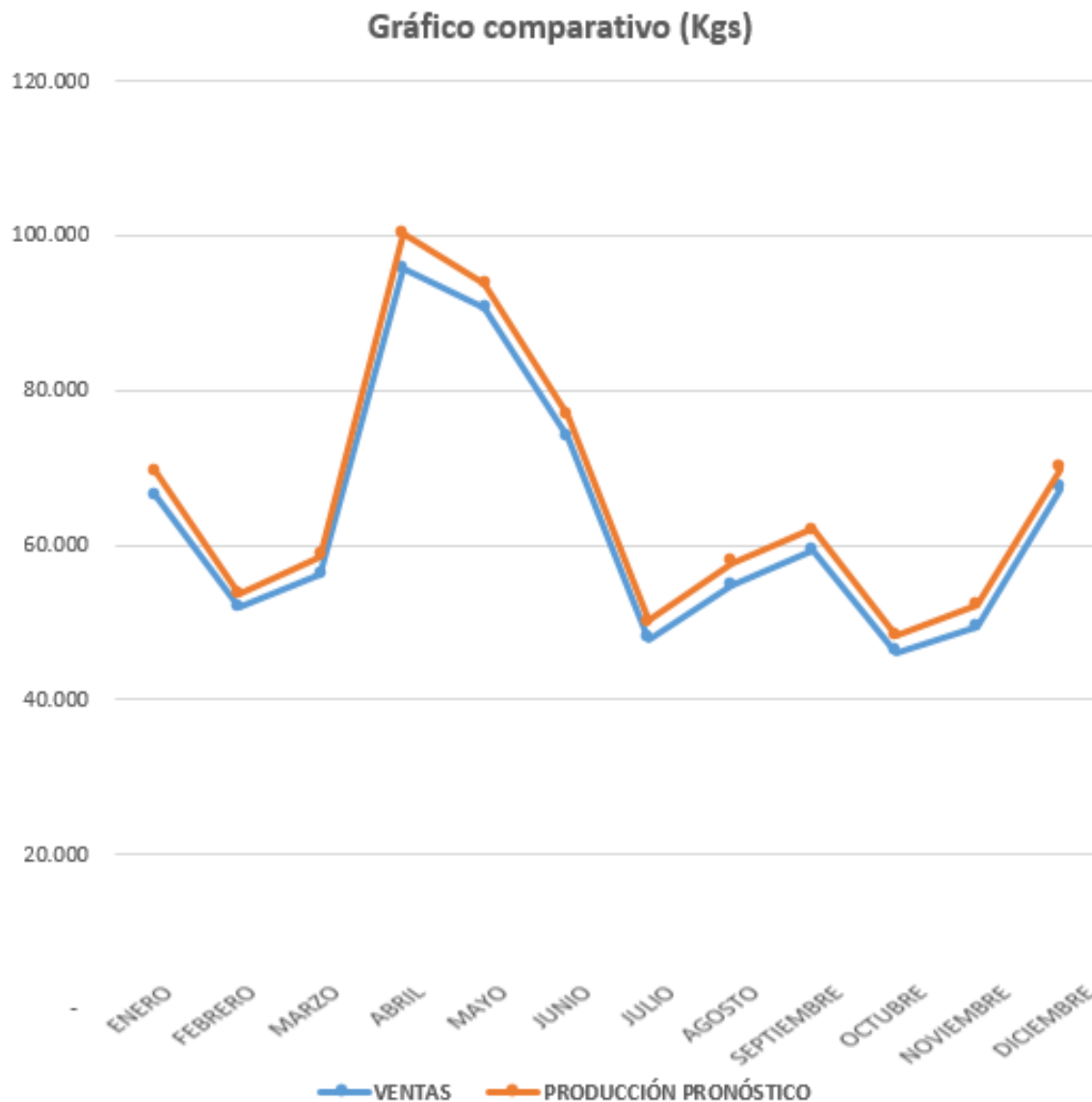
## 3. Producto no vendido y ganancia real.

Mes	U.M	KGS NO vendido	Valor de KG NO vendido	Ganancia real
Enero	KGS	3.056	\$ 1.222.323	\$ 21.973.916
Febrero	KGS	1.667	\$ 666.750	\$ 14.656.610
Marzo	KGS	2.379	\$ 951.703	\$ 31.550.049
Abril	KGS	4.389	\$ 1.755.589	\$ 30.668.570
Mayo	KGS	3.172	\$ 1.268.725	\$ 2.629.532
Junio	KGS	2.844	\$ 1.137.746	\$ 12.215.296
Julio	KGS	2.381	\$ 952.494	\$ 16.879.307
Agosto	KGS	2.860	\$ 1.143.814	\$ 18.390.152
Septiembre	KGS	2.708	\$ 1.083.251	\$ 21.231.157
Octubre	KGS	2.068	\$ 827.374	\$ 10.081.745
Noviembre	KGS	2.858	\$ 1.143.395	\$ 5.636.436
Diciembre	KGS	2.624	\$ 1.049.683	-\$ 2.446.948
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>33.007</b>	<b>\$ 13.202.846</b>	<b>\$ 183.465.823</b>

Tabla 7. Producto no vendido y ganancia real - Productor

En la Tabla 7 se observa los kilogramos no vendidos por el productor, debido a que genera un plan de producción que sobrepasa la demanda requerida por el mayorista en 33.007 kilogramos, este exceso de producto ofertado genera unas perdidas por costos de producción de \$13.202.846, generando una ganancia real de \$183.465.823 frente a la ganancia esperada que estipulaban de \$196.668.564.

Este exceso de oferta generó que el productor obtuviera solo el 93,286% de las ganancias esperadas.



**Figura 15. Producción vs Pronóstico para el productor**



En la Figura 15 se observa como la oferta del productor se encuentra por encima de los requerimientos hechos por el mayorista durante el año 2016, produciendo el escenario descrito en las Tablas 5, 6 y 7.

## **10.2. MAYORISTA: BODEGA ROLDANILLO.**

A continuación se realiza una breve descripción de las labores realizadas por el mayorista y los costos fijos que estas labores demanda.

Una vez definido la cantidad de la solicitud de pedido se dirige al productor con la flota de camiones propia que requiera. El transporte hasta la Bodega tiene un costo de \$60/kilogramo.

El producto es almacenado en la bodega, se lleva a cabo el proceso de embellecimiento de forma natural del ítem el cual se deja en reposo durante dos días; esta llega finalmente al minorista con un porcentaje de maduración que oscila entre el 50% o 60%.

La empresa realiza su proceso de almacenaje en una bodega de alquiler con un costo de \$9, 500,000/mes en la cual se encuentran dos trabajadores permanentes con un costo de \$3, 600,000/mes, con servicios domésticos por un valor de \$800,000/mes. Todos los ítems distribuidos por este eslabón son guardados en esta bodega; al hacer una distribución del costo bodega sobre todos los ítems se tiene que para el ítem Papaya el costo/ kilogramo es de \$30.

El mayorista se encarga del proceso de envase y/o empaque del producto terminado para suministrarlo a la Sede correspondiente o minorista; estos procesos con un costo en envases y empaques de \$40/kilogramo.

Cuando los Minoristas realizan la solicitud de pedido, el mayorista los agrupa y se encarga de la distribución conjunta a cada uno de ellos, el valor promedio de kilogramo/transporte de la bodega a los puntos de venta de los minoristas es de \$40.

- Datos del mayorista para el 2016.

#### 1. Ventas reales Mayorista → Minorista.

Mes	U.M	Ventas	valor venta	Valor KG
Enero	KGS	64.558	\$ 77.417.131	\$ 1.199
Febrero	KGS	50.280	\$ 57.528.702	\$ 1.144
Marzo	KGS	54.545	\$ 77.881.980	\$ 1.428
Abril	KGS	92.170	\$ 109.530.520	\$ 1.188
Mayo	KGS	88.052	\$ 78.631.921	\$ 893
Junio	KGS	73.165	\$ 75.379.524	\$ 1.030
Julio	KGS	45.924	\$ 56.161.529	\$ 1.223
Agosto	KGS	53.411	\$ 64.408.945	\$ 1.206
Septiembre	KGS	57.726	\$ 70.757.047	\$ 1.226
Octubre	KGS	44.557	\$ 48.401.813	\$ 1.086
Noviembre	KGS	47.603	\$ 46.988.557	\$ 987
Diciembre	KGS	65.296	\$ 54.145.577	\$ 829
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>737.925</b>	<b>\$ 817.233.244</b>	<b>\$ 1.120</b>

Tabla 8. Ventas reales Mayorista -> Minorista

Como se observa en la Tabla 8, en el año 2016 el mayorista realiza ventas al minorista por una cantidad de 737.925 kilogramos por un valor monetario de \$817.233.244; el precio promedio de negociación entre estos dos eslabones fue de \$1.120/kilogramo.

#### 2. Pronostico del Mayorista.

Mes	U.M	Pronóstico realizado	Valor del pronóstico
Enero	KGS	66.431	\$ 49.768.469
Febrero	KGS	52.090	\$ 36.159.302
Marzo	KGS	56.247	\$ 55.000.644
Abril	KGS	95.829	\$ 70.755.793
Mayo	KGS	90.623	\$ 40.147.535
Junio	KGS	74.072	\$ 42.981.836
Julio	KGS	47.816	\$ 36.958.193
Agosto	KGS	54.885	\$ 41.488.161
Septiembre	KGS	59.389	\$ 46.069.910
Octubre	KGS	46.170	\$ 29.377.279
Noviembre	KGS	49.455	\$ 26.561.751
Diciembre	KGS	67.287	\$ 25.517.691
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>760.295</b>	<b>\$ 500.786.564</b>

Tabla 9. Pronóstico del Mayorista

En la Tabla 9, el mayorista realiza un pronóstico de demanda con el cual define un plan de producción anual para el 2016 y hace una solicitud de pedido al productor de 793.302 kilogramos cuyo valor de producción es de \$317.320.742 para satisfacer el pronóstico realizado respecto a los requerimientos esperados por parte del minorista. Si se realiza una comparación entre el plan de producción de la Tabla 9 y las ventas reales de la Tabla 8, se observa que existe una diferencia en donde el mayorista oferta más que lo demandado por el minorista, esta diferencia se presenta en la Tabla 10.

### 3. Producto no vendido y ganancia real.

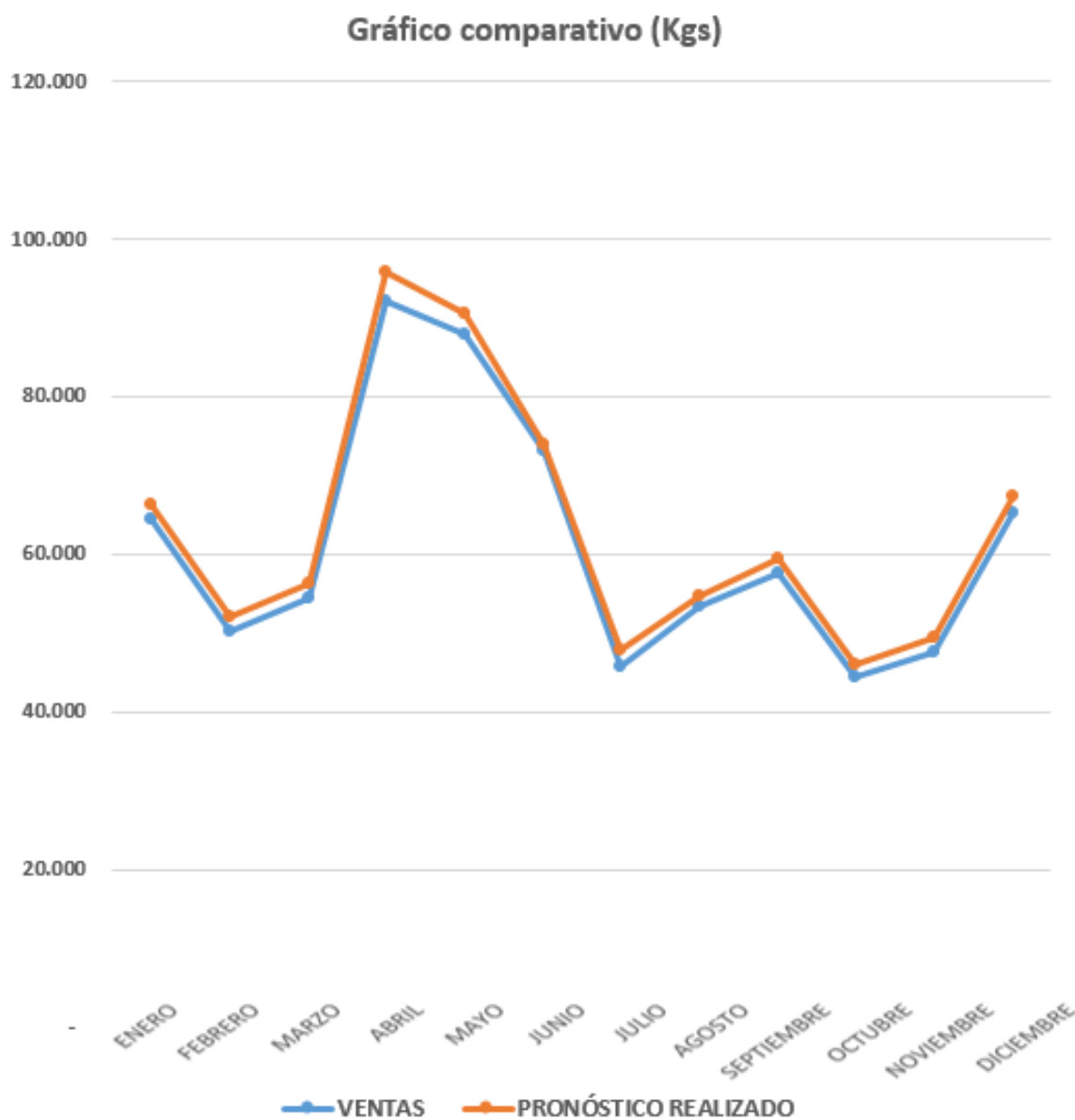
MES	Kg no vendido	Valor de Kg no vendido	Valor Kg no vendidos + costos	Ganancia real
Enero	1.872	\$ 1.402.610	\$ 1.720.883	\$ 25.927.779
Febrero	1.810	\$ 1.256.501	\$ 1.564.213	\$ 19.805.187
Marzo	1.702	\$ 1.664.100	\$ 1.953.409	\$ 20.927.926
Abril	3.659	\$ 2.701.746	\$ 3.323.801	\$ 35.450.926
Mayo	2.571	\$ 1.139.048	\$ 1.576.138	\$ 36.908.247
Junio	907	\$ 526.447	\$ 680.678	\$ 31.717.010
Julio	1.892	\$ 1.462.426	\$ 1.784.077	\$ 17.419.259
Agosto	1.474	\$ 1.114.318	\$ 1.364.924	\$ 21.555.859
Septiembre	1.663	\$ 1.289.671	\$ 1.572.299	\$ 23.114.838
Octubre	1.613	\$ 1.026.305	\$ 1.300.512	\$ 17.724.023
Noviembre	1.852	\$ 994.564	\$ 1.309.363	\$ 19.117.443
Diciembre	1.992	\$ 755.254	\$ 1.093.813	\$ 27.534.072
<b>TOTAL</b>	<b>23.007</b>	<b>\$ 15.414.690</b>	<b>\$ 19.325.880</b>	<b>\$ 187.293.120</b>

Tabla 10. Producto no vendido y ganancia real – Mayorista

En la Tabla 10 se observa los kilogramos no vendidos por el mayorista, debido a que genera un plan de producción que sobrepasa la demanda requerida por el minorista en 23.007 kilogramos, este exceso de producto ofertado genera unas perdidas por costos de compra al productor de \$15.325.880, una pérdida más costos de producción, alistamiento y transporte de \$19.244.109 generando una ganancia real de \$187.293.120 frente a la ganancia esperada que estipulaban de \$206.619.000.

Este exceso de oferta generó que el mayorista obtuviera solo el 90,646% de las ganancias esperadas.

El precio promedio por kilogramo de venta de mayorista a minorista fue de \$1.120.



**Figura 16. Ventas vs Pronóstico para el mayorista**

En la Figura 16 se observa como la oferta del mayorista se encuentra por encima de los requerimientos hechos por el minorista durante el año 2016, produciendo el escenario descrito en las Tablas 8, 9 y 10.

### 10.3. MINORISTA: SEDE ROLDANILLO.

Una vez realiza el pedido adquiere inmediatamente la propiedad del producto (ítem Papaya); debido a que este es perecedero el Minorista tiene un alto riesgo de no venderlo a tiempo, situación en la cual obtendría la pérdida total de la adquisición. El costo del minorista por la colocación del producto en sus exhibidores es de \$60/kilogramo.

El precio promedio de las ventas al consumidor final durante el año 2016 fue de \$1.570/kilogramo.

- **Datos del minorista en el 2016:**

#### 1. Ventas reales Minorista → Consumidor final.

Mes	U.M	Ventas	Valor venta	Valor KG
Enero	KGS	63.573	\$ 104.859.500	\$ 1.649
Febrero	KGS	49.183	\$ 78.418.656	\$ 1.594
Marzo	KGS	53.697	\$ 100.847.892	\$ 1.878
Abril	KGS	90.478	\$ 148.258.010	\$ 1.639
Mayo	KGS	85.938	\$ 115.437.976	\$ 1.343
Junio	KGS	72.048	\$ 106.668.900	\$ 1.481
Julio	KGS	45.116	\$ 75.487.740	\$ 1.673
Agosto	KGS	52.591	\$ 87.098.888	\$ 1.656
Septiembre	KGS	56.067	\$ 93.967.110	\$ 1.676
Octubre	KGS	43.134	\$ 66.276.850	\$ 1.537
Noviembre	KGS	46.858	\$ 67.351.150	\$ 1.437
Diciembre	KGS	63.604	\$ 81.380.600	\$ 1.279
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>722.287</b>	<b>\$ 1.126.053.272</b>	<b>\$ 1.570</b>

Tabla 11. Ventas reales Minorista -> Consumidor final

Como se observa en la Tabla 11, en el año 2016 el minorista realiza ventas al consumidor final por una cantidad de 722.287 kilogramos por un valor monetario de \$1.126.053.272; el precio promedio de negociación entre el minorista y el consumidor final fue de \$1.570/kilogramo.

## 2. Pronóstico del Minorista.

<b>Mes</b>	<b>U.M</b>	<b>Pronóstico realizado</b>	<b>Valor del pronóstico</b>
<b>Enero</b>	KGS	64.558	\$ 77.417.131
<b>Febrero</b>	KGS	50.280	\$ 57.528.702
<b>Marzo</b>	KGS	54.545	\$ 77.881.980
<b>Abril</b>	KGS	92.170	\$ 109.530.520
<b>Mayo</b>	KGS	88.052	\$ 78.631.921
<b>Junio</b>	KGS	73.165	\$ 75.379.524
<b>Julio</b>	KGS	45.924	\$ 56.161.529
<b>Agosto</b>	KGS	53.411	\$ 64.408.945
<b>Septiembre</b>	KGS	57.726	\$ 70.757.047
<b>Octubre</b>	KGS	44.557	\$ 48.401.813
<b>Noviembre</b>	KGS	47.603	\$ 46.988.557
<b>Diciembre</b>	KGS	65.296	\$ 54.145.577
<b>TOTAL</b>	<b>KGS</b>	<b>737.288</b>	<b>\$ 817.233.244</b>

Tabla 12. Pronóstico del Minorista

En la Tabla 12, el minorista realiza un pronóstico de demanda con el cual define un plan de producción anual para el 2016 y hace una solicitud de pedido al mayorista de 737.288 kilogramos cuyo valor de compra es de \$817.233.244 para satisfacer el pronóstico realizado respecto a los requerimientos esperados por parte del consumidor final. Si se realiza una comparación entre el plan de producción de la Tabla 12 y las ventas reales de la Tabla 11, se observa que existe una diferencia en donde el minorista oferta más que lo demandado por el consumidor final, esta diferencia se presenta en la Tabla 13.

### 3. Producto no vendido y ganancia real.

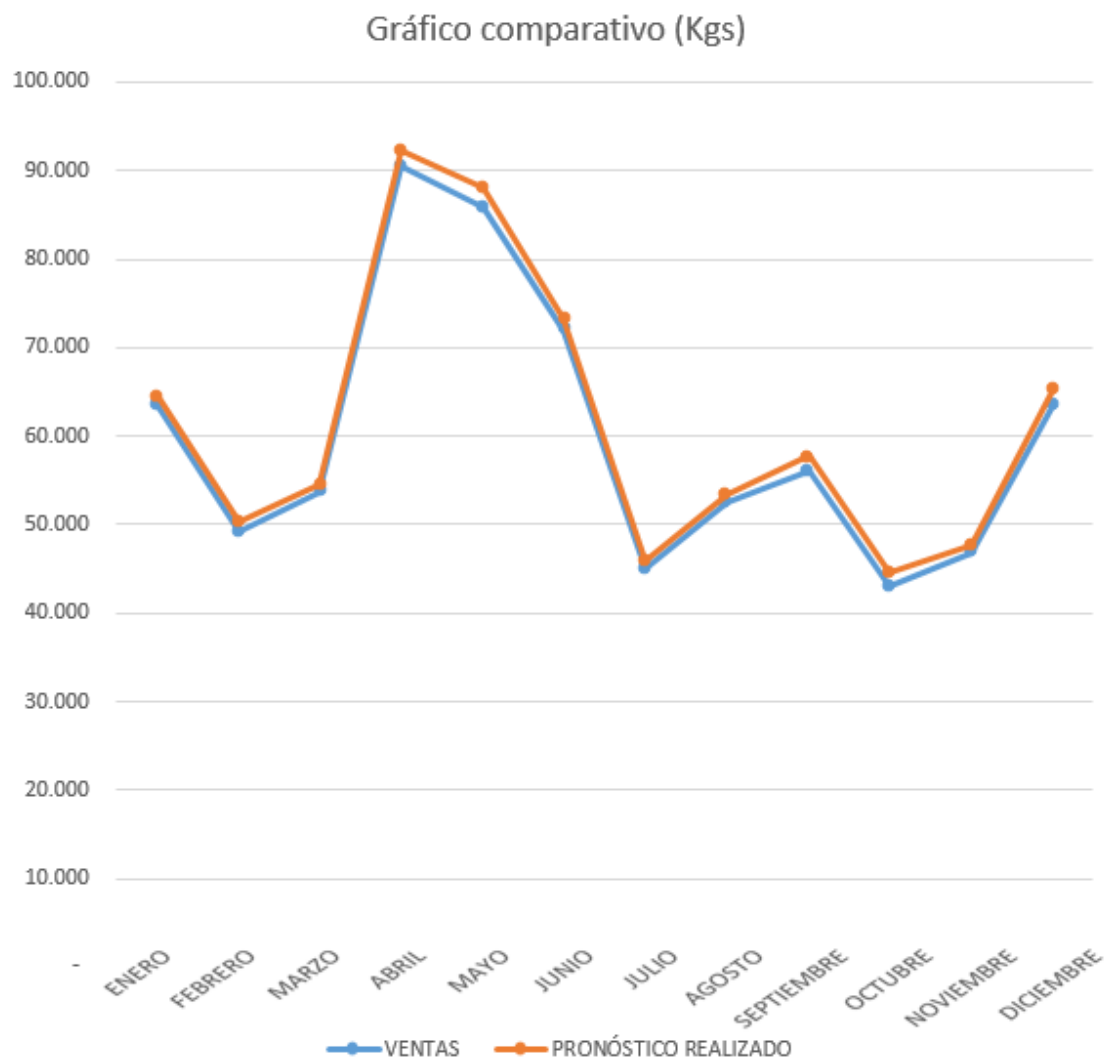
<b>Mes</b>	<b>Kg no vendido</b>	<b>Valor de Kg no vendido</b>	<b>Valor Kg no vendidos + costos</b>
<b>Enero</b>	985	\$ 1.103.200	\$ 1.162.300
<b>Febrero</b>	1.097	\$ 1.228.640	\$ 1.294.460
<b>Marzo</b>	848	\$ 949.760	\$ 1.000.640
<b>Abril</b>	1.692	\$ 1.895.040	\$ 1.996.560
<b>Mayo</b>	2.114	\$ 2.367.680	\$ 2.494.520
<b>Junio</b>	1.117	\$ 1.251.040	\$ 1.318.060
<b>Julio</b>	808	\$ 904.960	\$ 953.440
<b>Agosto</b>	820	\$ 918.400	\$ 967.600
<b>Septiembre</b>	1.660	\$ 1.859.200	\$ 1.958.800
<b>Octubre</b>	1.423	\$ 1.593.760	\$ 1.679.140
<b>Noviembre</b>	745	\$ 834.400	\$ 879.100
<b>Diciembre</b>	1.692	\$ 1.895.040	\$ 1.996.560
<b>TOTAL</b>	<b>15.001</b>	<b>\$ 16.801.120</b>	<b>\$ 17.701.180</b>

Tabla 13. Producto no vendido y ganancia real - Minorista

En la Tabla 13 se observa los kilogramos no vendidos por el minorista, debido a que genera un plan de producción que sobrepasa la demanda requerida por el consumidor final en 15.001 kilogramos, este exceso de producto ofertado genera unas perdidas por costos de compra al mayorista de \$16.801.120, una pérdida más costos de producción, alistamiento y transporte de \$17.701.180 generando una ganancia real de \$263.990.750 frente a la ganancia esperada que estipulaban de \$281.691.930.

Este exceso de oferta generó que el minorista obtuviera solo el 93,716% de las ganancias esperadas.

El precio promedio por kilogramo de venta de minorista a consumidor final fue de \$1.120.



**Figura 17. Ventas vs Pronóstico para el Minorista**

En la Figura 17 se observa como la oferta del minorista se encuentra por encima de los requerimientos hechos por el consumidor final durante el año 2016, produciendo el escenario descrito en las Tablas 11, 12 y 13.



#### 10.4. COMPARACIÓN DE LA DEMANDA REAL CON LOS PRONÓSTICOS DE CADA UNO DE LOS ESLABONES.

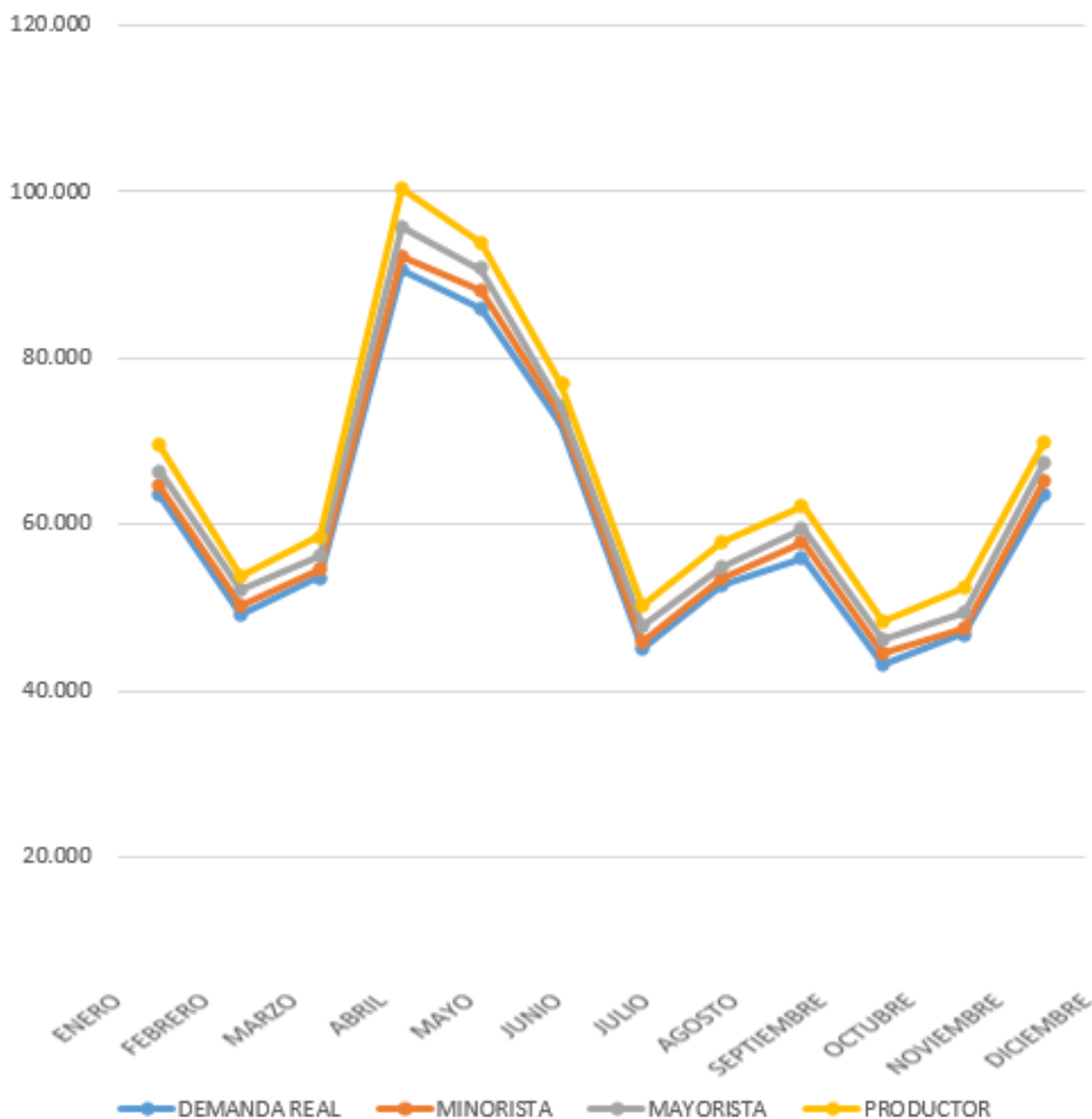


Figura 18. Comparación de demanda real con cada uno de los pronósticos

En la Figura 18 se representa el comportamiento de la demanda real y el pronóstico realizado por el minorista, mayorista y productor; a partir de los cuales se observa como la percepción de la demanda va aumentando conforme se aumenta en el nivel de eslabón en la cadena de suministro objeto de estudio.

Esta amplificación se resume en la variación porcentual que tiene cada eslabón respecto al pronóstico realizado y la demanda real. La variación porcentual para cada uno es: (minorista: 2,08%, mayorista: 5,26% y productor: 9,83%). Se observa en la Figura 18 y en el análisis anterior, que la amplificación de la percepción de demanda se hace mayor en los eslabones superiores de la cadena.

<b>TOTAL AÑO 2016</b>				
	<b>Demanda real</b>	<b>Minorista</b>	<b>Mayorista</b>	<b>Productor</b>
<b>Total pronóstico</b>	722.287	737.288	760.295	793.302
<b>Kg perdida</b>		15.001	23.007	33.007
<b>Perdida acum</b>		15.001	38.008	71.015
<b>Perd oportuni</b>		\$ 23.551.942	25.767.377	22.114.767
<b>Perd oport acum</b>		\$ 23.551.942	59.672.283	111.493.453

Tabla 14. Datos análisis 2016

De la Tabla 14, se tiene que:

- Los kilogramos perdidos para cada eslabón en comparación con las ventas realizadas a su eslabón inmediato, va en aumento a medida que se desplaza de la demanda real hasta el productor.
- Haciendo un balance general de las pérdidas de toda la cadena se obtiene que 71.015 kilogramos del ítem no son vendidos.
- Las pérdidas individuales debido a la sobre-oferta del ítem para cada eslabón es; Productor de \$22.114.767; Mayorista de \$25.767.377 y para el Minorista de \$23.551.942.
- La pérdida de oportunidad para toda la cadena sin tener en cuenta los costos fijos para cada eslabón ascienden a \$111.493.453.

## **11. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA ACTUAL.**

### **11.1. SUPUESTOS Y NOTACIÓN DEL MODELO.**

- **SUPUESTOS:**

Los eslabones miembros de la cadena de suministro (productor, mayorista y minorista) utilizan métodos empíricos para la determinación del pronóstico de la demanda, con base al plan de producción aplicado en el año anterior al que se quiere pronosticar y la experiencia en el negocio. Los eslabones afirman que el comportamiento de la demanda depende del mes que se esté analizando y que este comportamiento es cíclico, es decir, si un eslabón de la cadena quiere conocer el pronóstico de la demanda para el mes de Enero del año 2017, toma como base los datos del plan de producción efectuado en el mes de Enero del año 2016. Este método, lo adoptan con base a la observación y determinación de que el comportamiento de la demanda es cíclico año-año.

A partir del análisis que realizan las partes y de la meta de las ventas propuestas cada uno, definen el valor de la solicitud de pedido teniendo en cuenta el manejo y nivel de inventario. Para la representación de la estructura en el modelo de dinámica de sistemas se toma para cada eslabón:

- Promedio de ventas del año 2016.
- Pronóstico de demanda realizado para el año 2016.
- Tasa de crecimiento según lo pronosticado por cada eslabón.

La razón por la que el mayorista y el minorista realizan un volumen alto de solicitudes de pedidos durante el mes y no una sola solicitud conjunta se debe a las condiciones de vida útil del ítem en este caso la Papaya. Lo que buscan con este método es garantizar que la Papaya después de recorrer toda la cadena llegue al consumidor en las condiciones aptas de consumo y como este lo desee.

Basado en la caracterización de la cadena según los cuatro arquetipos de una cadena de suministro donde se define la cadena objeto de estudio como una cadena de suministro tradicional, para el modelo que representa la estructura actual tenemos como supuestos:

- En la cadena solo se produce, alista y distribuye un solo ítem (Papaya).

- El LEAD TIME en los despachos de cada eslabón están dados por:

En el productor por el tiempo que demora este en cosechar y alistar la carga para ser despachada.

En el mayorista por el tiempo de embellecimiento natural, servicio packing y distribución del producto.

En el minorista por el tiempo que demora en colocar los productos en sus estantes.

- Los costos de producción, preparación, almacenamiento y distribución son conocidos y fijos.
- El modelo no considera devolución de carga por problemas de calidad.
- El único eslabón de la cadena que conoce la demanda real efectuada por el consumidor final es el minorista.
- Cada eslabón maneja políticas de inventario independiente.
- El lead time no afectará los costos, por lo cual el modelo solo demostrará las consecuencias en los pronósticos de demanda e inventarios de cada uno de los eslabones debido al efecto Látigo, pero no a problemas de logística y distribución.
- La tasa de crecimiento para cada uno de los eslabones es constante. Se calculó tomando como referencia la cantidad de kilogramos vendidos y kilogramos del pronóstico realizado por cada uno.
- Los eslabones no poseen políticas de inventario fijas, los pronósticos y las tasas aplicadas se definen basados en su experiencia en el negocio.

En la Figura 19 se ilustra el flujo y su dirección del ítem Papaya y la información a través de la cadena de suministro actual.



Figura 19. Flujos de la cadena de suministro actual. (Elaboración propia)

Tenemos que la información (solicitudes de pedido) tiene un flujo ascendente en la cadena de suministro, es decir (Minorista → Mayorista → Productor). Es clave definir que esta información es limitada, ya que solo se envían las solicitudes de pedido de eslabón a eslabón, sin informar el stock de inventario y la tasa de crecimiento definida por cada uno.

El otro flujo que se da en la cadena de suministro y que representa el modelo, es el flujo del ítem, el cual tiene un flujo descendente, es decir (Productor → Mayorista → Productor). La propiedad del producto la adquiere cada eslabón cuando el ítem se encuentra en su posesión.

Puesto que el modelo solo demostrara los efectos del efecto látigo en el inventario, la unidad de medida para cada una de las variables excluyendo las tasas de crecimiento, será kilogramos (KGS)

- **NOTACIÓN:**

Para la representación de la estructura por medio del modelo se utilizara la notación:

- **PRODUCCIÓN = PEDIDOS DEL MAYORISTA**
- **INVENTARIO PRODUCTOR (VALOR INICIAL: 793.302 KGS) = PRODUCCIÓN – DESPACHOS PRODUCTOR**
- **DESPACHO PRODUCTOR = PEDIDOS MAYORISTA**
- **INVENTARIO MAYORISTA (VALOR INICIAL: 760.295 KGS) = DESPACHOS PRODUCTOR – DESPACHOS MAYORISTA**

- **DESPACHO MAYORISTA = PEDIDOS MINORISTA**
- **INVENTARIO MINORISTA (VALOR INICIAL: 737.288 KGS)= DESPACHOS MAYORISTA – VENTAS MINORISTA.**
- **VENTAS MINORISTA = DEMANDA REAL**
- **DEMANDA REAL (VALOR INICIAL) = 722.287 KGS**
- **PRONOSTICO MINORISTA = VENTAS MINORISTA + (VENTA MINORISTA \* TASA DE CRECIMIENTO MINORISTA)**
- **TASA DE CRECIMIENTO MINORISTA = 0.0208**
- **PEDIDOS MINORISTA = PRONÓSTICO MINORISTA.**
- **PRONOSTICO MAYORISTA = DESPACHOS MAYORISTA + (DESPACHOS MAYORISTA \* TASA DE CRECIMIENTO MAYORISTA)**
- **TASA DE CRECIMIENTO MAYORISTA = 0.0312**
- **PEDIDOS MAYORISTA = PRONOSTICO MAYORISTA**
- **PRONOSTICO PRODUCTOR = DESPACHO PRODUCTOR + (DESPACHO PRODUCTOR \* TASA DE CRECIMIENTO PRODUCTOR)**
- **TASA DE CRECIMIENTO PRODUCTOR = 0.0434**
- **PEDIDOS PRODUCTOR = PRONOSTICO PRODUCTOR**

## 11.2. DIAGRAMA CAUSAL DE LA ESTRUCTURA ACTUAL.

El diagrama causal, nos muestra las relaciones entre las partes de la cadena de suministro.

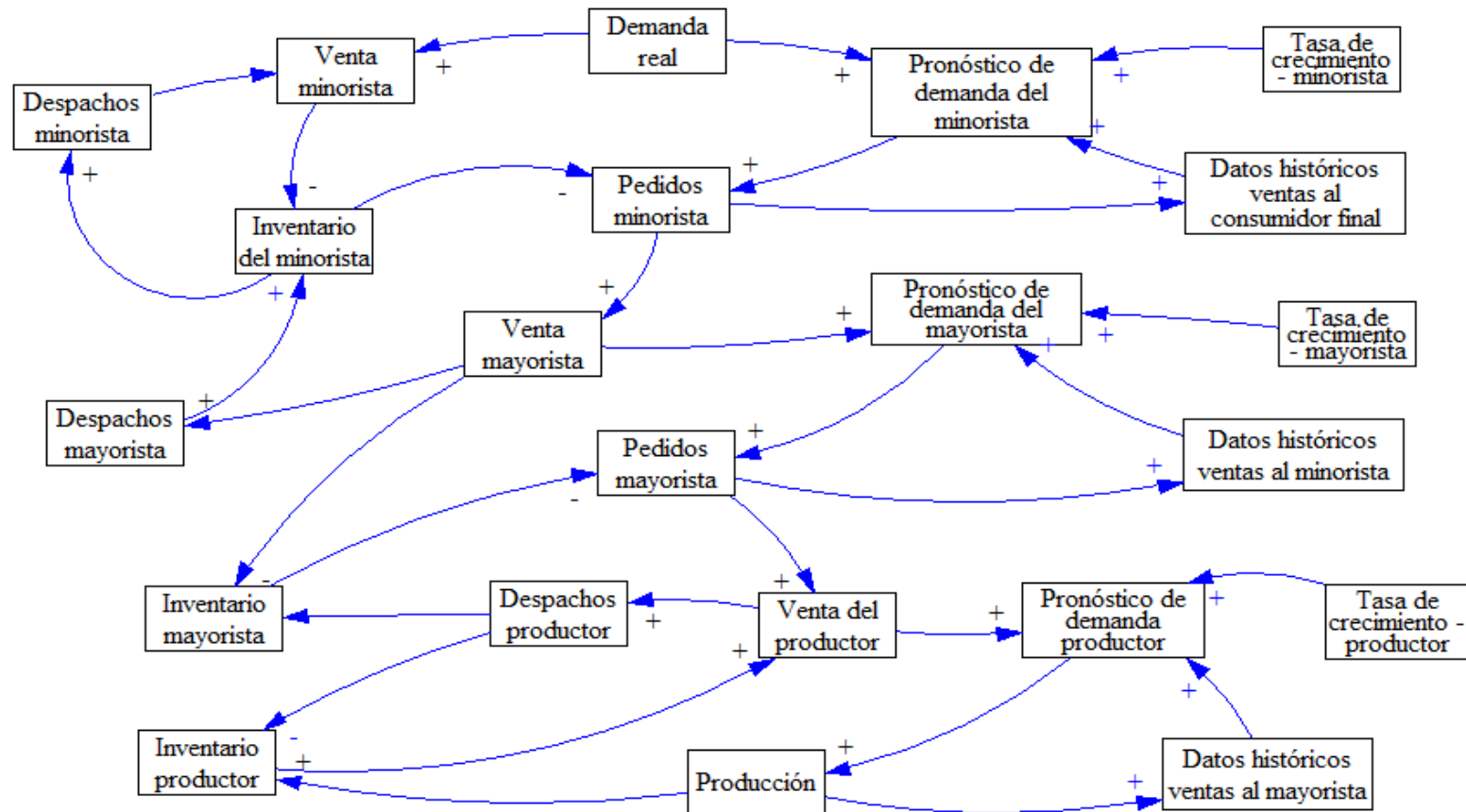
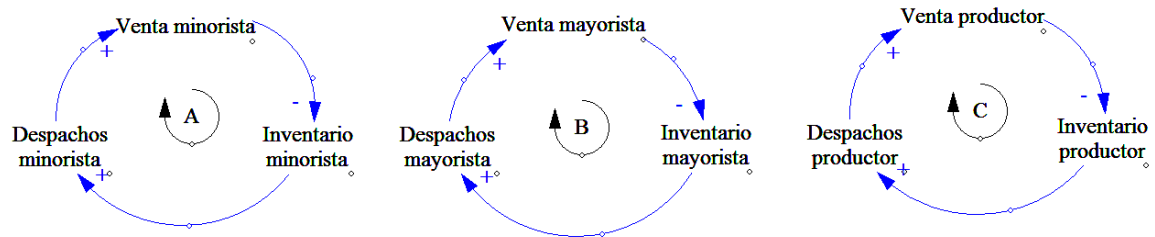


Figura 20. Diagrama Causal

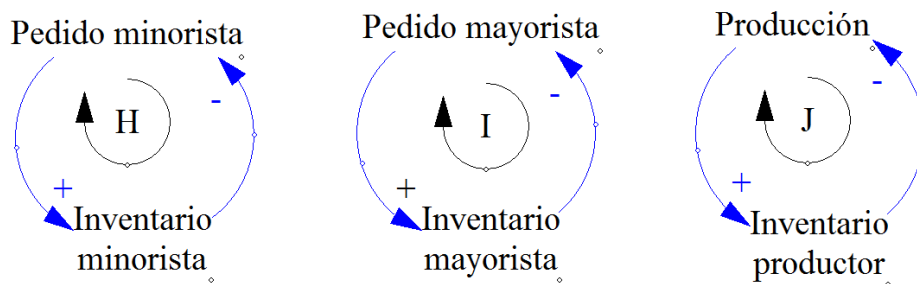
Según la estructura del diagrama causal representado en la Figura 20, los bucles de retroalimentación teniendo en cuenta las relaciones causales, se puede afirmar los siguientes comportamientos:



Los bucles A, B y C son bucles de realimentación negativa, estos generan estabilidad al sistema. En estos bucles se indica que a mayor inventario disponible, mayor es el número de despachos y ventas que se pueden generar después de cierto tiempo con el cliente directo. Y cuando los despachos y ventas aumentan, el inventario del proveedor inmediato disminuye.



Los bucles D, F y G son bucles de realimentación positiva, estos bucles indican que a mayor producción o pedidos, de mayor magnitud serán los datos recopilados en los históricos y por lo tanto mayor será el pronóstico de demanda.

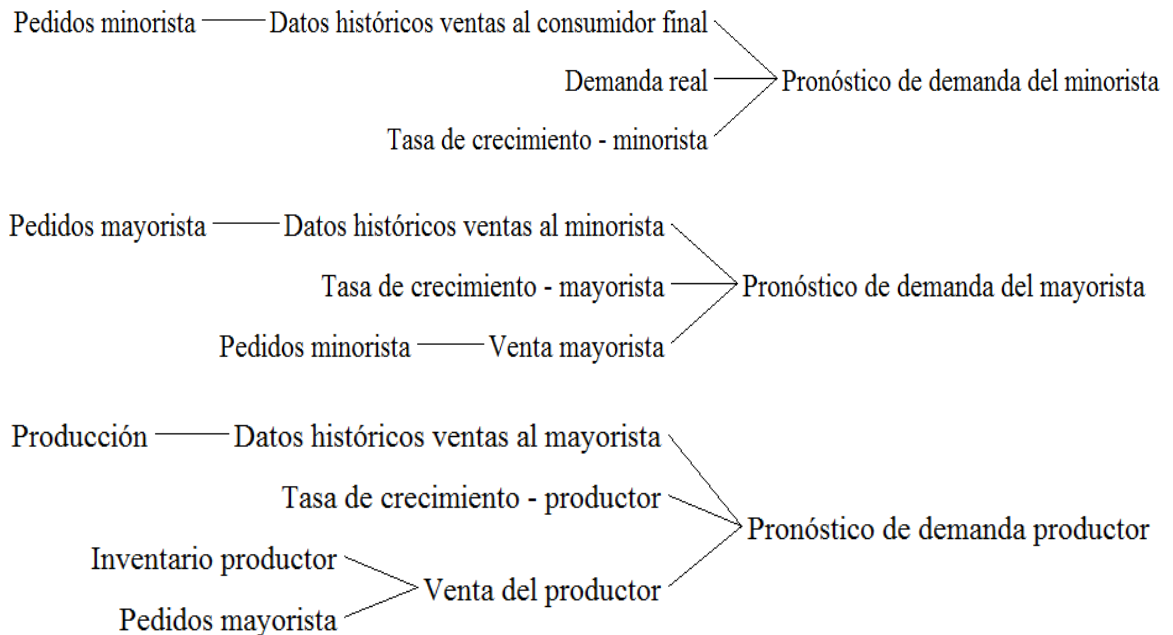


Los bucles H, I y J son de realimentación negativa, estos indican que entre mayor sea el inventario, menor serán los pedidos realizados a su proveedor nivelando los inventarios.



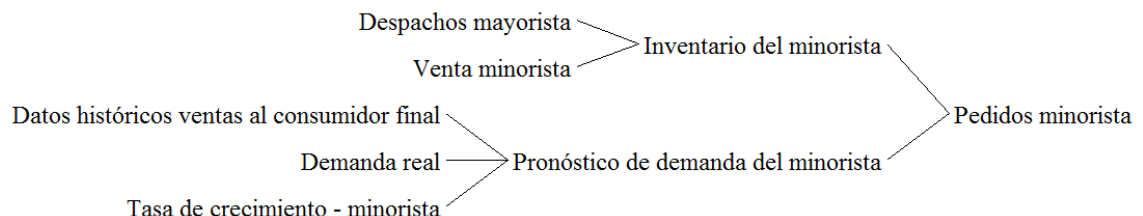
Utilizando la metodología de las causas por medio de la representación de árbol se tiene para el diagrama causal:

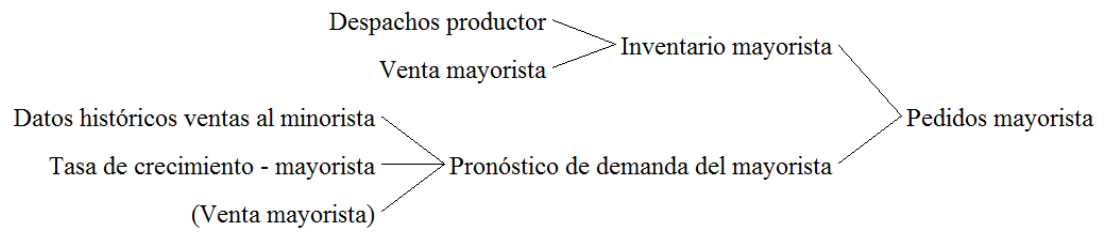
- Pronósticos de demanda:



Los anteriores diagramas representan como cada uno de los eslabones genera su pronóstico de demanda con base a los datos históricos recopilados a través del tiempo de los pedidos requeridos por su cliente directo y a esto aplican la tasa de crecimiento que cada uno estipula. Se observa el trabajo independiente de cada uno de los eslabones en el cálculo del pronóstico de la demanda.

- Pedidos requeridos por cada eslabón:





Se obtiene que para los pedidos realizados por el minorista y mayorista, se definen por medio del pronóstico de demanda realizado, y observando el nivel de inventario disponible para ofertar.

### 11.3. DIAGRAMA DE FORRESTER ESTRUCTURA ACTUAL

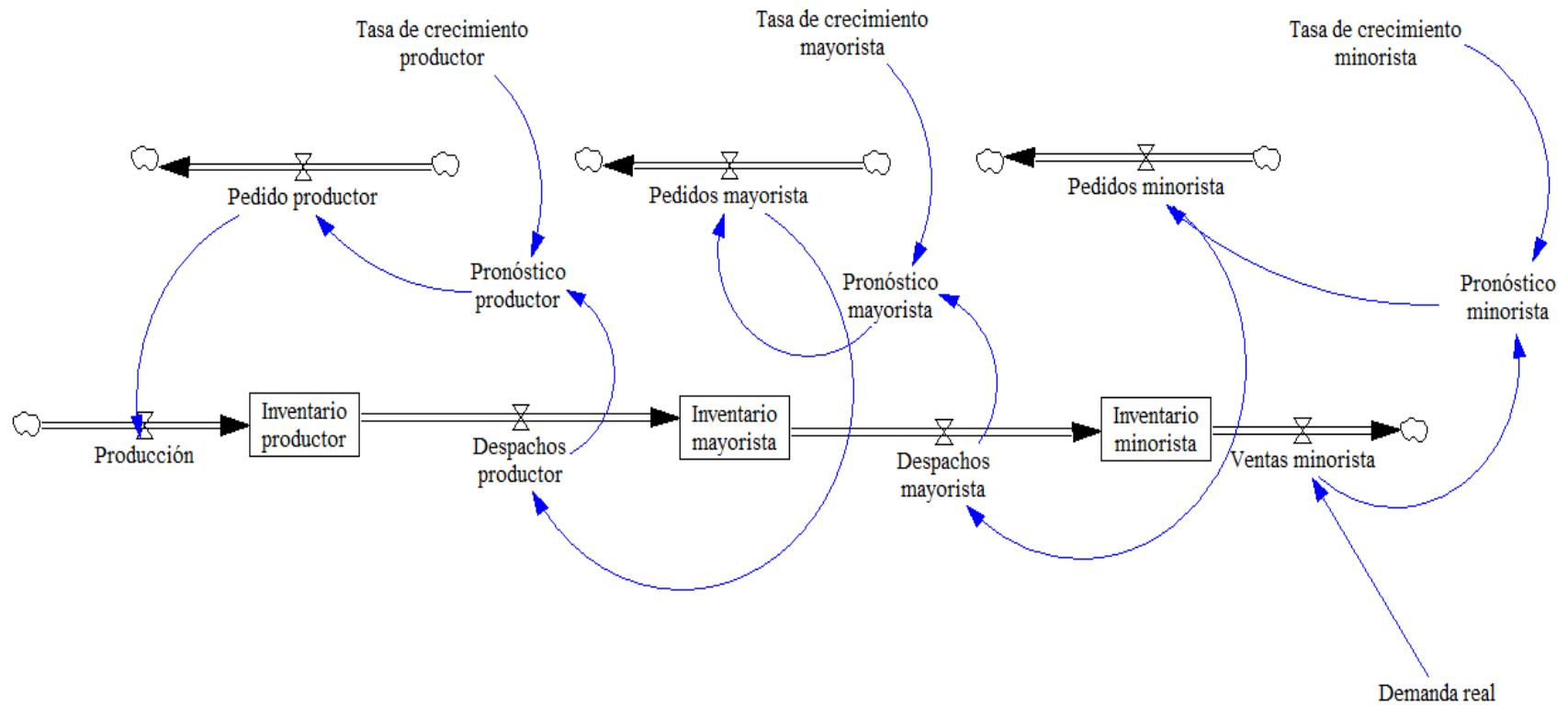


Figura 21. Diagrama Forrester estructura actual

#### 11.4. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CADENA ACTUAL.

Se realiza un análisis estructural del modelo que representa la cadena de suministro objeto de estudio junto con el comportamiento y efectos que genera el flujo de información y el flujo del ítem a través de esta.

- **Tasas de crecimiento y pronósticos de demanda individual para cada eslabón:**

La tasa de crecimiento que pronostica cada uno de los eslabones, se definió a partir de las ventas realizadas y pronósticos individuales efectuados. Ya que los eslabones que componen la cadena no tienen una tasa de crecimiento definida basado en el estudio del mercado, esta tasa se aplica de manera empírica con base a la experiencia en el negocio. Siendo la tasa de crecimiento para cada uno:

Tasa de crecimiento minorista

Current: .0208

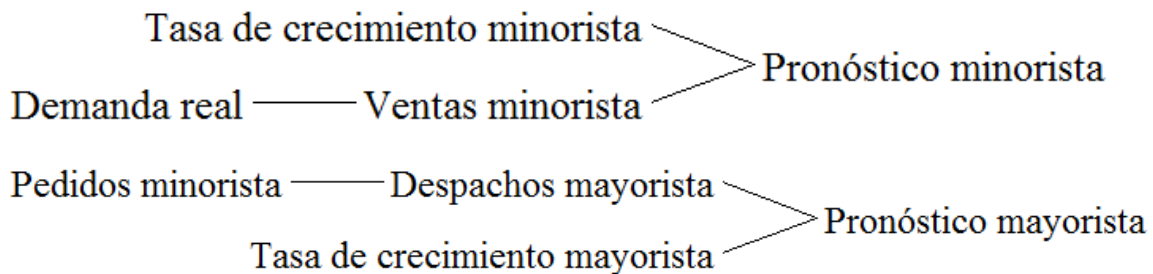
Tasa de crecimiento mayorista

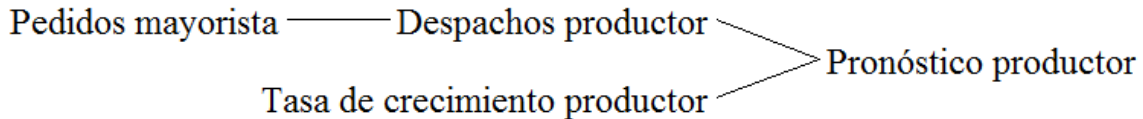
Current: .0312

Tasa de crecimiento productor

Current: .0434

Esta tasa de crecimiento es utilizada por cada uno de los eslabones para el cálculo del pronóstico de la demanda. Este calculo se realiza tal como se describió en la notación del modelo. Para un análisis basado en el diagrama de arbol tenemos:





Haciendo un análisis global de las dependencias de los pronósticos de demanda para cada eslabon tenemos que cada parte toma los datos de ventas realizadas de si mismos, y que la tasa de crecimiento permanece constante debido al no reconocimiento del comportamiento de las ventas actuales reales realizadas al consumidor final.

- **Pedidos de cada eslabón:**

Como se observa en el punto anterior, el pronostico de demanda tambien permanece constante cada año debido a que las ventas efectuadas por cada eslabón fueron constantes causado por la no variabilidad de la demanda real anual. Al ser el pronostico de demanda constante, los pedidos realizados entre cada relacion de eslabon a eslabon no cambian como se observa:

Time (Year)	1	2	3
"Pedidos minorista" Runs:	Current		
Pedidos minorista	737311	737311	737311

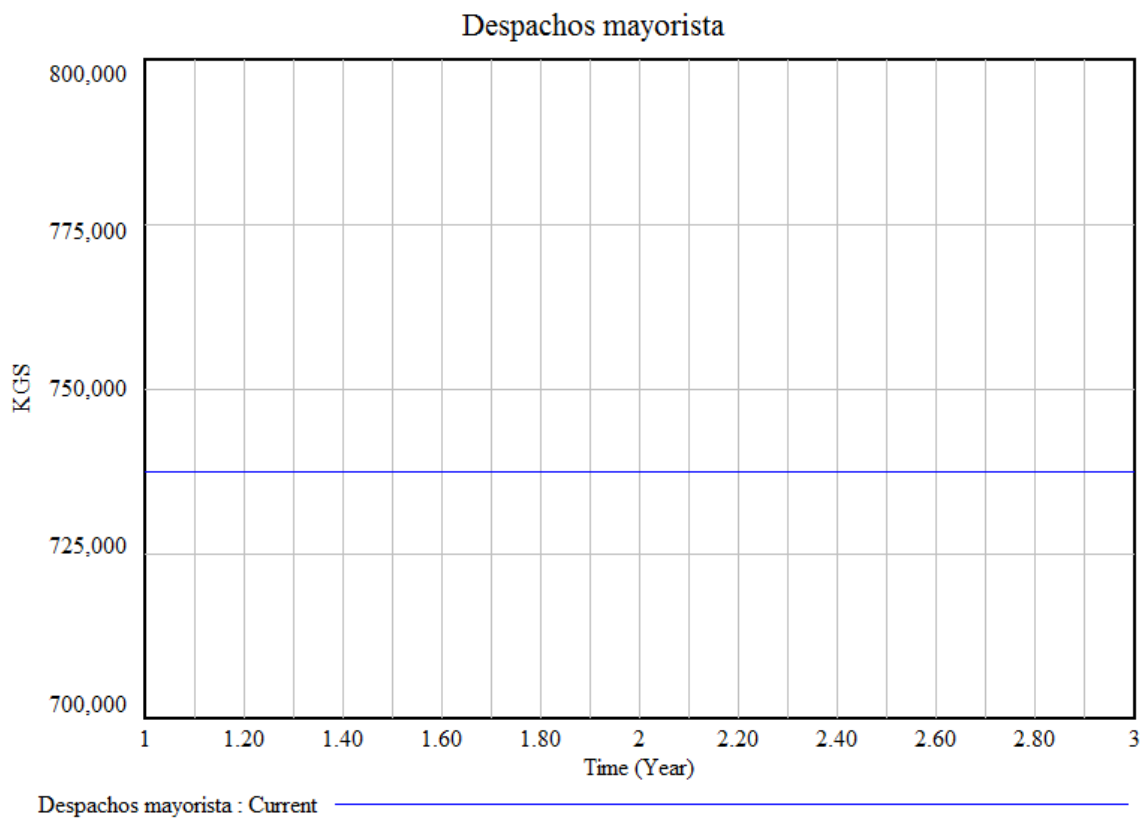
  

Time (Year)	1	2	3
"Pedidos mayorista" Runs:	Current		
Pedidos mayorista	760315	760315	760315

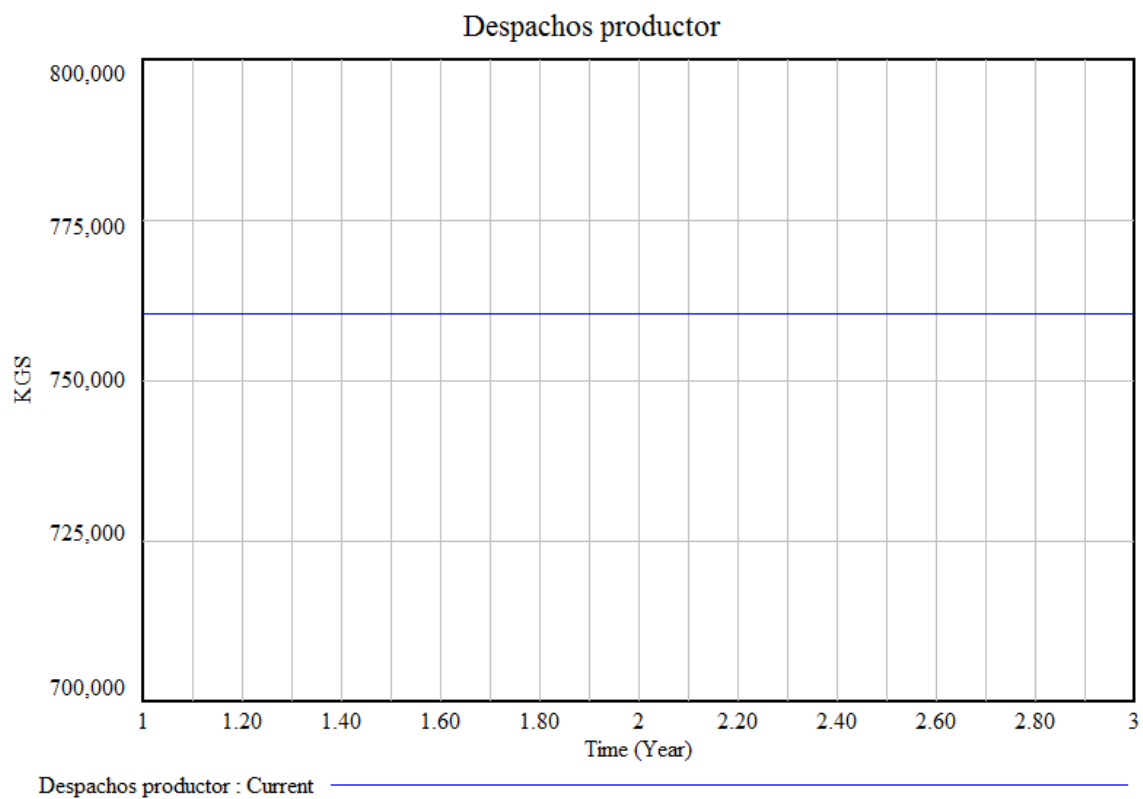
  

Time (Year)	1	2	3
"Pedido productor" Runs:	Current		
Pedido productor	793312	793312	793312

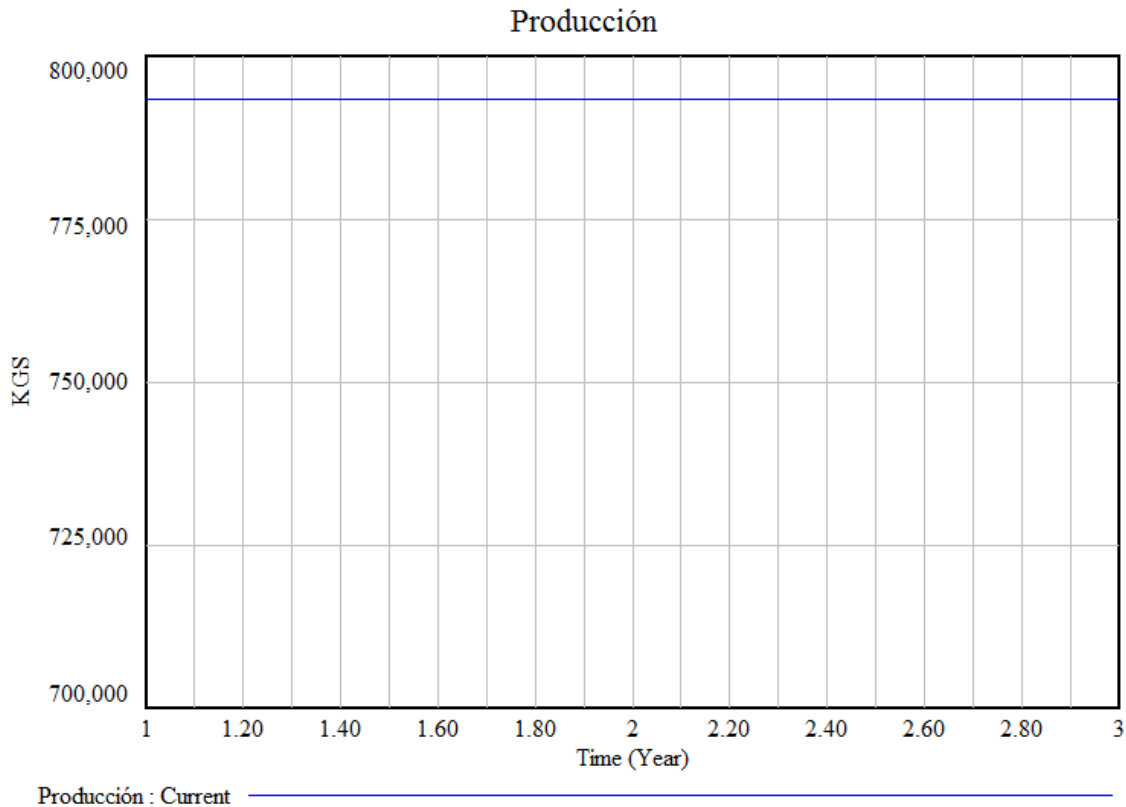
Los despachos realizados por los eslabones en la cadena no presentan ninguna variación. Este comportamiento es ilustrado en las Figuras 22, 23 y 24.



**Figura 22. Despacho mayorista**



**Figura 23. Despacho productor**



**Figura 24. Producción**

Se observa en las Figuras 22, 23 y 24 el comportamiento de:

- Pronósticos de demanda.
- Solicitudes de pedido.
- Tasas de crecimiento.
- Ventas (Despachos) realizadas.

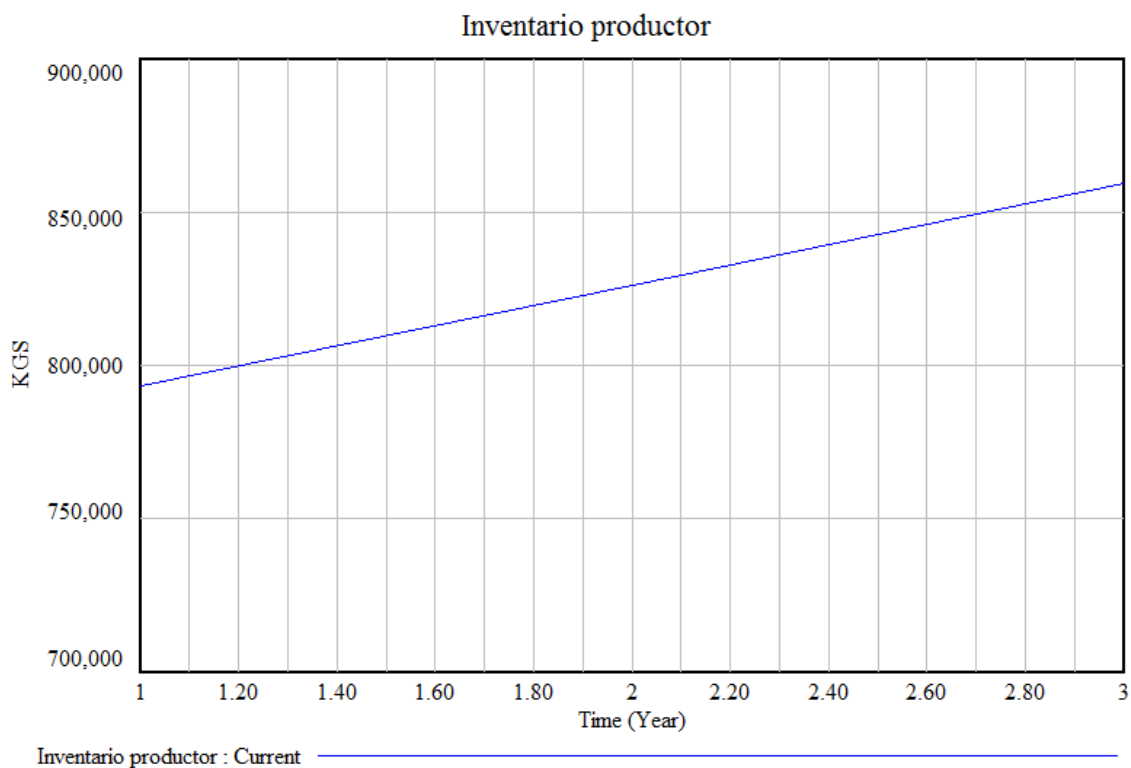
Para cada uno de estos puntos, el comportamiento fue constante durante los 3 años simulados en el modelo. Pero cuando se realiza una observación en los inventarios de cada una de los eslabones, los niveles de inventario aumentan para cada uno a través del tiempo.

·  
A continuación se realiza un análisis gráfico y conceptual con el fin de determinar el causante del aumento en el inventario.

- **Inventario productor.**

Time (Year)	1	2	3
"Inventario productor" Runs:	Current		
Inventario productor	793302	826300	859297

Time (Year)	1	2	3
"Pedidos mayorista" Runs:	Current		
Pedidos mayorista	760315	760315	760315



**Figura 25. Inventario productor**

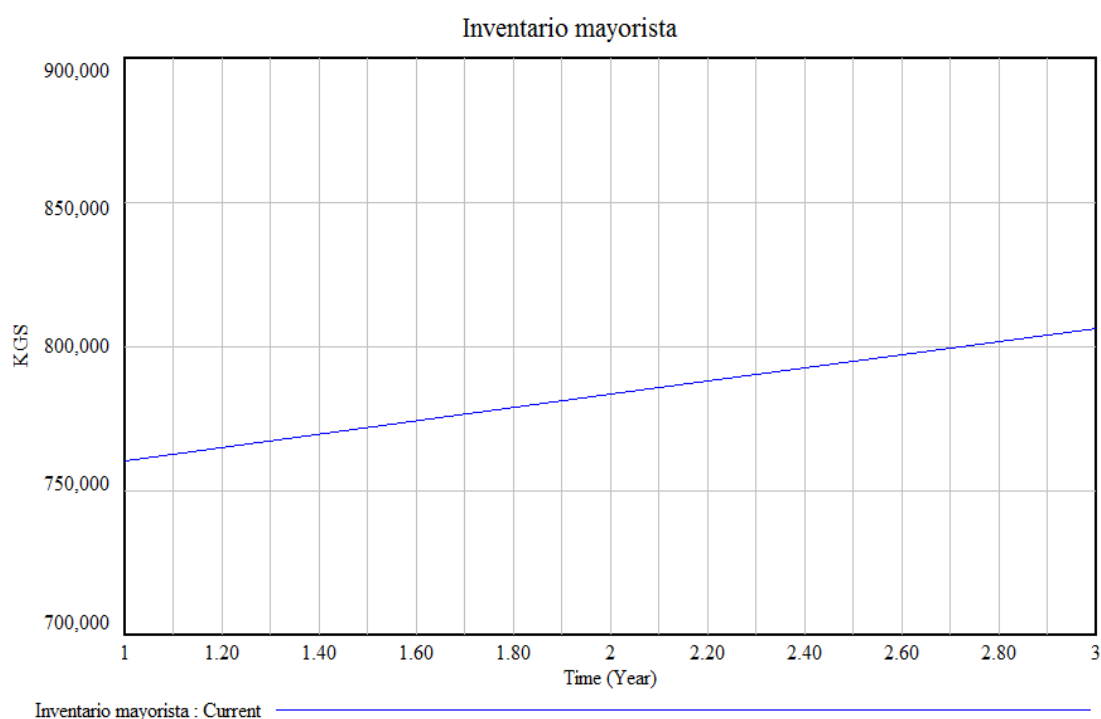
La Figura 25 representa el crecimiento del inventario en el tiempo (3 años) el cual aumenta de manera constante. Esto se debe a que la tasa de crecimiento estipulada por el productor es fija y los pedidos del mayorista no tienen durante los años simulados una variabilidad en sus órdenes.

Como se observa en los despachos del productor, estos siempre tienen un valor anual constante, por lo que la cantidad de kilogramos definida en el pronóstico de demanda realizado por el productor sobrepasa la demanda real requerida por su cliente directo, causando así la no venta de kilogramos y un apilamiento en el inventario. La variación porcentual de lo ofertado por el productor y lo requerido por su cliente directo el mayorista es de 4,33%.



- **Inventario mayorista.**

Time (Year)	1	2	3
"Inventario mayorista" Runs:	Current		
Inventario mayorista	760295	783299	806303
Time (Year)	1	2	3
"Pedidos minorista" Runs:	Current		
Pedidos minorista	737311	737311	737311



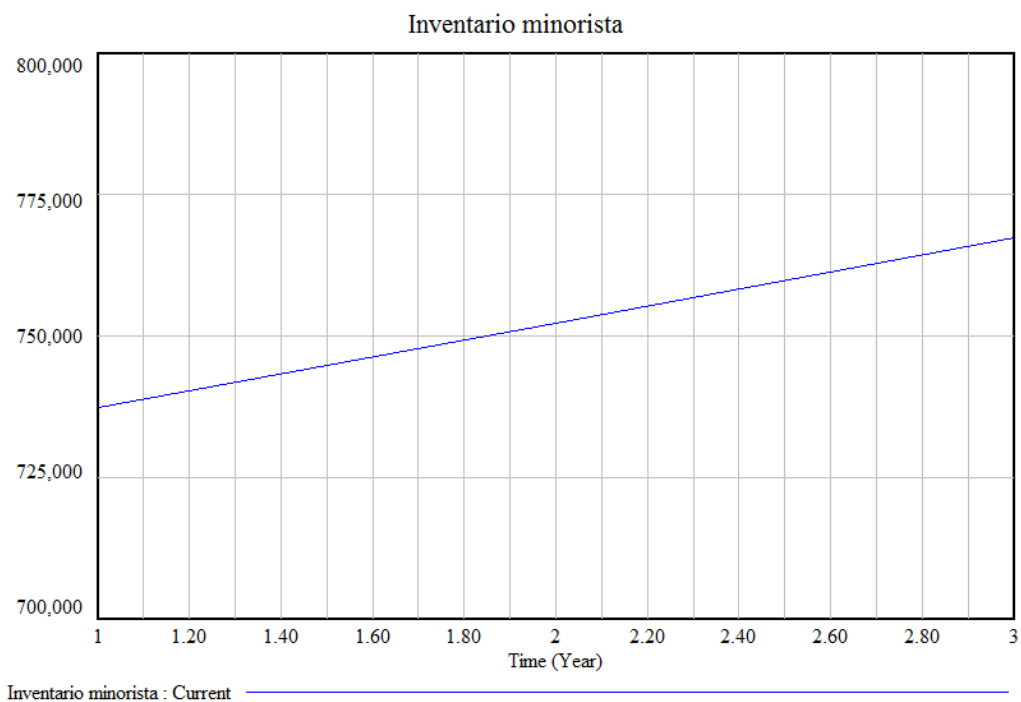
**Figura 26. Inventario mayorista**

En la Figura 26 se observa como el nivel de inventario aumenta duran los años simulados en el modelo, esto debido a que la oferta por parte del mayorista supera los requerimientos solicitados por el minorista. La variación porcentual entre lo ofertado por el mayorista y lo requerido por su cliente directo el minorista es de 3,12%.

- **Inventario minorista.**

Time (Year)	1	2	3
"Inventario minorista" Runs:	Current		
Inventario minorista	737288	752312	767335

Time (Year)	1	2	3
"Demanda real" Runs:	Current		
Demanda real	722287		



**Figura 27. Inventario minorista**

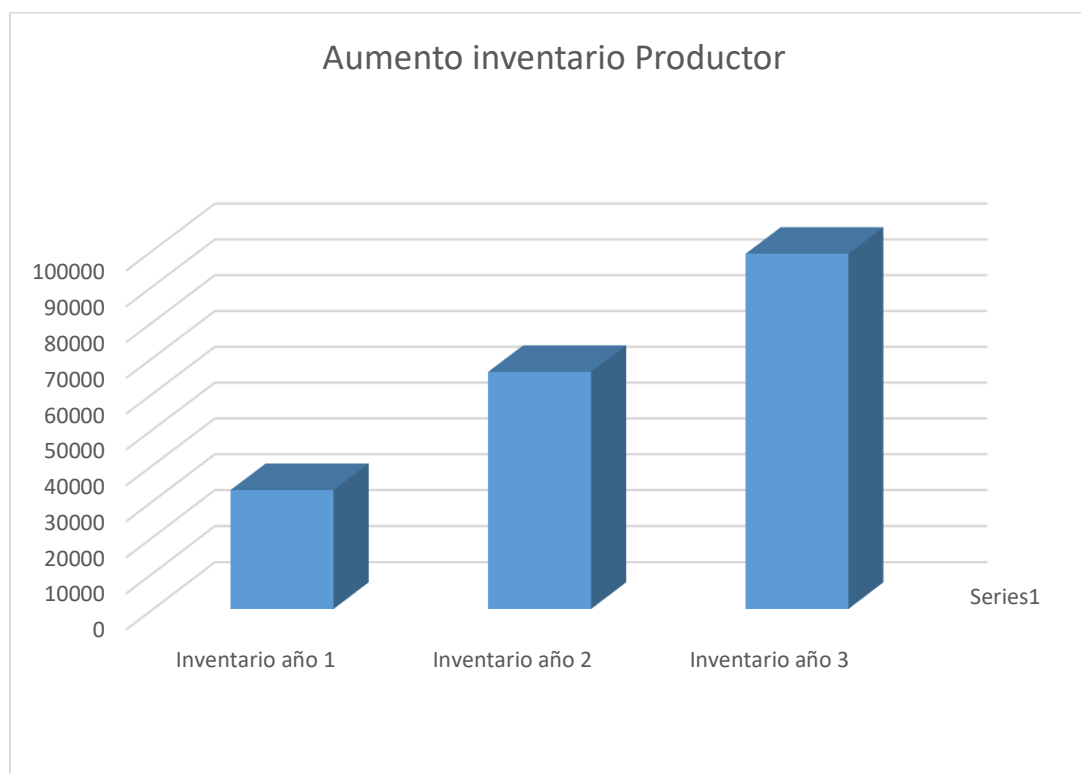
La Figura 27, representa el aumento en el inventario del minorista, esto debido a que la oferta de este eslabón supera los requerimientos del cliente final, esta diferencia entre oferta y demanda es de 2,07%.

El modelo planteado, representa la estructura actual de la cadena de suministro objeto de estudio como se planteó en la caracterización de la cadena de suministro enfocada en la comercialización y distribución del ítem Papaya.

Este modelo permite visualizar qué efectos tiene la composición de la estructura actual en cada uno de los elementos que los componen, tomando como pilar el comportamiento de la cadena basado en los datos suministrados del año 2016. A partir de los datos arrojados por el modelo para los 3 años corridos, tenemos para cada uno de los eslabones crecimiento en su inventario (KGS), respecto a los kilogramos no vendidos, como se presenta en los siguientes análisis.

- **Kilogramos no vendidos acumulados en el inventario del Productor:**

Inventario año 1	Inventario año 2	Inventario año 3
32987	65980	98974



**Figura 28. Aumento en inventario Productor**

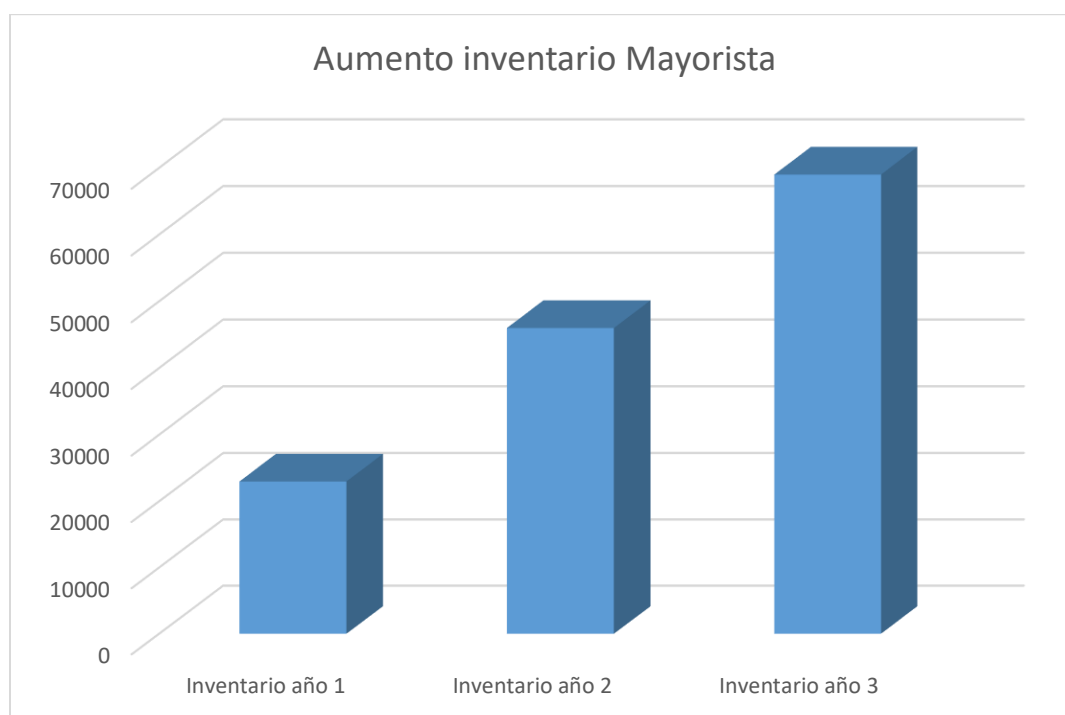
En la Figura 28, se observa como el crecimiento del inventario en el eslabón productor es constante, dado que la producción, los pedidos del mayorista y por lo

tanto la diferencia entre lo ofertado y lo demandado no varía, aumentando 32.987 kilogramos por año.

Este análisis contempla la acumulación en el inventario de los kilogramos no vendidos, es decir, el inventario del año 2 recopila los kilogramos no vendidos en el año 2 y el año 1, y el inventario del año 3 recopila los kilogramos no vendidos en el año 3, año 2 y año 1.

- **Kilogramos no vendidos acumulados en el inventario Mayorista:**

Inventario año 1	Inventario año 2	Inventario año 3
22984	45988	68992

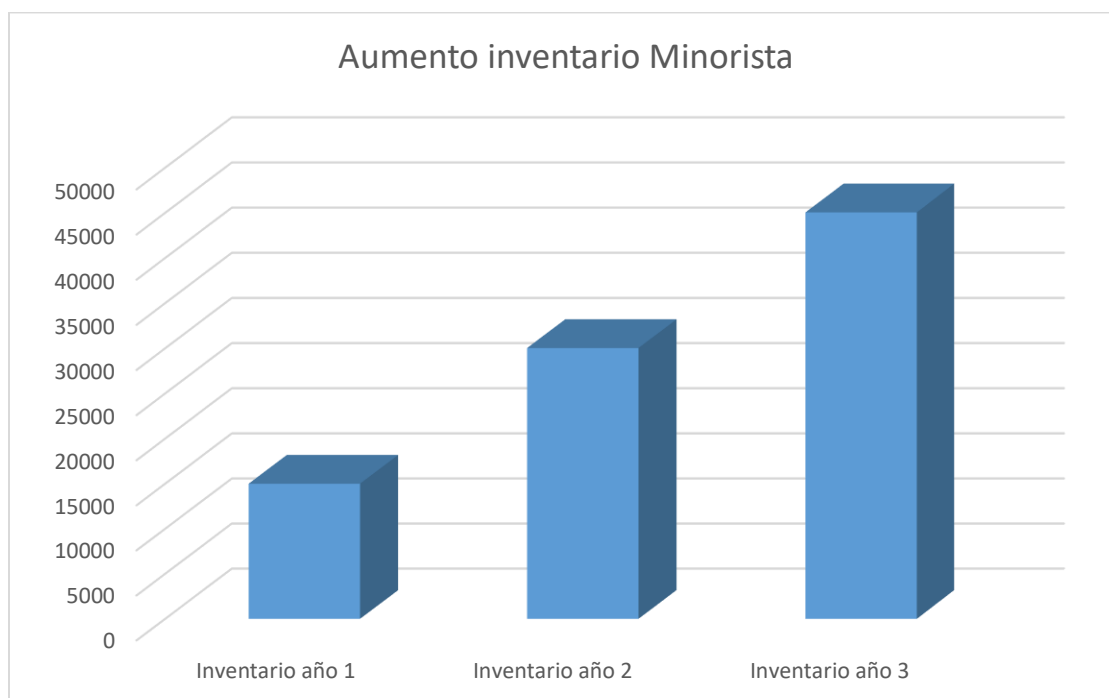


**Figura 29. Aumento en inventario Mayorista**

En la Figura 29, se observa como el crecimiento del inventario en el eslabón mayorista es constante, dado que los pedidos realizados al productor, los pedidos requeridos por minorista y por lo tanto la diferencia entre lo ofertado y lo demandado no varía, aumentando 22.984 kilogramos por año. El análisis solo refleja la acumulación en el inventario de los kilogramos no vendidos.

- **Kilogramos no vendidos acumulados en el Minorista:**

Inventario año 1	Inventario año 2	Inventario año 3
15001	30025	45048



**Figura 30. Aumento en inventario Minorista**

En la Figura 30, se observa como el crecimiento del inventario en el eslabón minorista es constante, dado que los pedidos realizados al mayorista, los pedidos requeridos por el consumidor final y por lo tanto la diferencia entre lo ofertado y la demanda real no varía, aumentando 15.001 kilogramos por año. El análisis solo refleja la acumulación en el inventario de los kilogramos no vendidos.

El aumento en el nivel de inventario del ítem Papaya para cada uno de los eslabones de la cadena de suministro, trae consigo pérdidas, dadas por el valor de la compra y los costos asumidos por cada eslabón en la ejecución de sus tareas.

Perdidas por kilogramos no vendidos			
	Kgs no vendidos	Valor de compra	Compra + Costos
<b>Productor</b>	33.007	\$ 13.202.846	\$ 13.202.846
<b>Mayorista</b>	23.007	\$ 15.332.989	\$ 19.244.109
<b>Minorista</b>	15.001	\$ 16.392.793	\$ 16.992.842

**Tabla 15. Perdas por no vendidos**

La afectación en el rendimiento de los eslabones de la cadena de suministro se representa en la Tabla 15, mostrando las pérdidas anuales para cada uno. El análisis individual no permite observar con claridad la veracidad de la problemática por lo cual se hace necesario, realizar una suma de las cantidades en kilogramos no vendidas por cada eslabón y multiplicar por el valor final de venta al cliente final (\$1570/kilogramo) con el fin de ilustrar la pérdida de oportunidad.

Kilogramos no vendidos por la cadena	Perdida oportunidad
71.015	\$ 111.493.273

Se obtiene que los kilogramos del ítem papaya no vendidos anualmente son 71.015, esto teniendo en cuenta que el promedio del precio de venta al consumidor final es de \$1570/kilogramos, obtenemos una pérdida de oportunidad de ingreso para toda la cadena en general de \$111.493.273.

Este valor no contempla los costos fijos de cada eslabón.

Con base a los datos anteriores, se observa el crecimiento en los niveles de inventario de cada eslabón. Pero cuando se procede a realizar el inventario físico por parte de cada uno de los eslabones de la cadena, el inventario no se acumula como se ve en el inventario teórico, ya que al tratarse de un ítem perecedero, la no venta de kilogramos causa rápidamente la pérdida total del producto.

### Comportamiento del inventario físico.

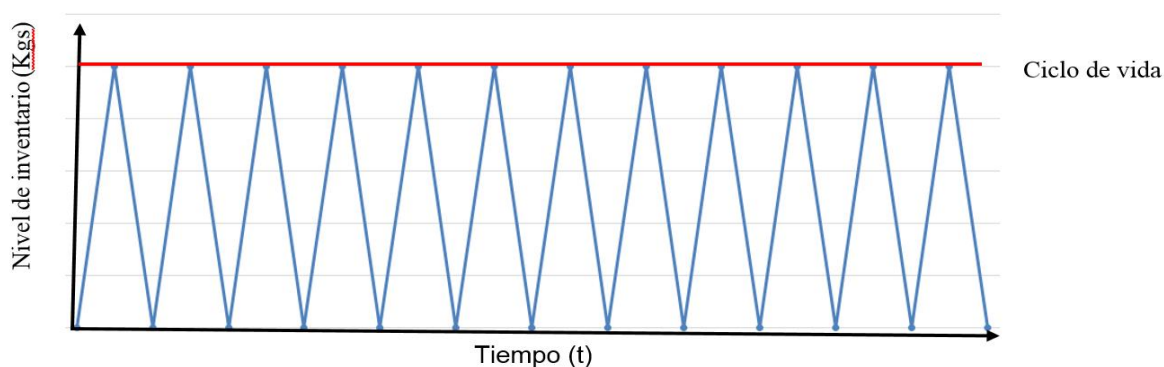


Figura 31. Comportamiento físico del inventario

La Figura 31 muestra el comportamiento general de los inventarios para cada uno de los eslabones, se observa como el inventario aumenta respecto al tiempo debido a la no venta de kilogramos del ítem papaya, cuando el ítem llega al punto máximo de conservación de sus características idóneas para el consumo y no pasa los

controles de calidad, la fruta es desechada completamente, este suceso se representa en la gráfica como la disminución y equilibrio del inventario.

Por esta razón el inventario no aumenta en el inventario físico de manera constante, por lo que no se puede observar la deficiencia en los pronósticos de demanda, ni la veracidad de las consecuencias en la materialización del efecto látigo.

## 12. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PROPUESTA.

Ya analizado los datos arrojados por el modelo de dinámica de sistemas que representa la estructura actual de la cadena de suministro objeto de estudio, se construye un modelo que represente la estructura ideal de la cadena de suministro objeto de estudio, con base a la teoría de los cuatro arquetipos (Disney, 2007).

En la estructura actual de la cadena de suministro objeto de estudio, se identificaron factores internos que afectan el funcionamiento individual de los eslabones de la cadena y por lo tanto el rendimiento global. Estos factores son:

- Los bucles de realimentación negativa, no cuentan con el tiempo necesario para poder estabilizar el inventario. Teniendo en cuenta que el ítem papaya es un producto perecedero, cuando la oferta supera la demanda este sobrante es acumulado en el inventario, pero este inventario se estabiliza cuando se genera la pérdida y/o desecho de kilogramos del ítem no vendido, cuando la fruta pierde sus propiedades óptimas de consumo. Por lo que los bucles H, I y J no alcanzan a realizar su tarea.
- El minorista es el único eslabón que conoce la demanda real requerida por el consumidor final, ya que es el único miembro de la cadena que tiene contacto directo. Los eslabones mayorista y productor no conocen la demanda real del consumidor final dado las políticas de relaciones entre cada uno de los miembros. Estos dos eslabones, solo reciben información de solicitudes de pedido de su cliente directo, por cual realizan su pronóstico de demanda con base a los datos históricos de estos pedidos.
- Los miembros de la cadena no comparten información sobre sus niveles de inventario, esto genera que cada eslabón determine el nivel de inventario de manera independiente para responder a su cliente directo. Por lo que se materializa una de las causas descritas en la literatura, presentando que las ordenes de pedido se inflan conforme la información fluye a través de la cadena, por parte de los eslabones para asegurar la disponibilidad del ítem al cliente.
- Ningún miembro de la cadena ha realizado un análisis completo de la demanda, por lo cual no utiliza herramientas que se acoplen al comportamiento de esta. Las decisiones de pronósticos de demanda y nivel de inventario se toman de forma empírica con base a la experiencia en el negocio de producción, alistamiento y distribución del ítem, donde cada eslabón define su meta en las ventas.

Conforme a los factores descritos, la revisión de la literatura y la teoría de los cuatro arquetipos se proponen una estructura de cadena de suministro sincronizada donde



todos los miembros se transmiten información sobre sus niveles, productos en tránsito y datos de venta al consumidor.

En una cadena de suministro que oferta productos perecederos se hace de mayor importancia ajustar los pronósticos de demanda de todos los eslabones a la demanda real, por lo cual para efecto de este trabajo, en la reestructuración de la cadena se propone utilizar un solo inventario para todas las partes de la cadena con ubicación directa en el eslabón minorista, esta política además de compartir el inventario también divide todos aquellos factores negativos como pérdidas por kilogramos no vendidos, mala calidad etc, que sean provocados por fenómenos ajenos al efecto látigo.

Como el modelo tiene un solo inventario conjunto para toda la cadena, de igual modo se realiza el pronóstico de demanda con base a los datos históricos de las ventas del minorista al consumidor final. Aplicando la tasa de crecimiento definida por este en los años de experiencia laboral y metas propuestas de ventas.

Para la construcción del modelo propuesto definimos los supuestos y notación.

## **12.1. SUPUESTOS Y NOTACIÓN DEL MODELO.**

Tomando como base la composición de una cadena de suministro sincronizada tal como lo describió Disney (2003), se tiene:

- **SUPUESTOS:**

La cadena de suministro a modelar, cuenta con un sistema integrado de manejo en el nivel de inventario. El cual consiste en un solo inventario para toda la cadena en general, este inventario se encontrará físicamente en el último eslabón de la cadena (Minorista), con el fin de tenerlo a disposición del consumidor final.

Cuando se presenten kilogramos no vendidos, las pérdidas serán divididas entre los miembros.

Para el modelo se tiene:

- En la cadena solo se produce, alista y distribuye un solo ítem (Papaya).
- El LEAD TIME en los despachos de cada eslabón están dados por:

En el productor por el tiempo que demora este en cosechar y alistar la carga para ser despachada.

En el mayorista por el tiempo de embellecimiento natural, servicio packing y distribución del producto.

En el minorista por el tiempo que demora en colocar los productos en sus estantes.

- Los costos de producción, preparación, almacenamiento y distribución son conocidos y fijos.
- El modelo no considera devolución de carga por problemas de calidad.
- Todos los eslabones de la cadena de suministro conocen la demanda real (ventas al consumidor final).
- Como se comentó anteriormente las políticas de inventario se encuentra sincronizada.
- El LEAD TIME no afectará los costos.
- Existe solo una tasa de crecimiento, como lo es la del minorista. Esta es exactamente igual a la calculada en el modelo de la cadena tradicional, ya que se traba con los datos reales de la cadena.

El modelo solo demostrará la mejora estructural de la cadena y por lo tanto los efectos del efecto Látigo en el inventario, la unidad de medida para cada una de las variables excluyendo la tasa de crecimiento estará dada en kilogramos (KGS).

- **NOTACIÓN:**

Para la construcción de la estructura del modelo se utilizara la notación:

- **PRODUCCIÓN** = PEDIDOS DEL MAYORISTA
- **TRÁNSITO PRODUCTOR** = PRODUCCIÓN – DESPACHOS PRODUCTOR
- **DESPACHO PRODUCTOR** = PEDIDOS MAYORISTA
- **TRÁNSITO MAYORISTA** = DESPACHOS PRODUCTOR – DESPACHOS MAYORISTA

- **DESPACHO MAYORISTA = PEDIDOS MINORISTA**
- **INVENTARIO MINORISTA = DESPACHOS MAYORISTA – VENTAS MINORISTA.**
- **VENTAS MINORISTA = DEMANDA REAL**
- **DEMANDA REAL = 722.287 KGS**
- **PRONOSTICO MINORISTA = VENTAS MINORISTA + (VENTA MINORISTA \* TASA DE CRECIMIENTO MINORISTA)**
- **TASA DE CRECIMIENTO MINORISTA = 0.0208**
- **PEDIDOS MINORISTA = PRONÓSTICO MINORISTA.**
- **PEDIDOS MAYORISTA = PEDIDOS MINORISTA**
- **PEDIDOS PRODUCTOR = PEDIDOS MAYORISTA.**

## 12.2. DIAGRAMA DE FORRESTER ESTRUCTURA SINCRONIZADA

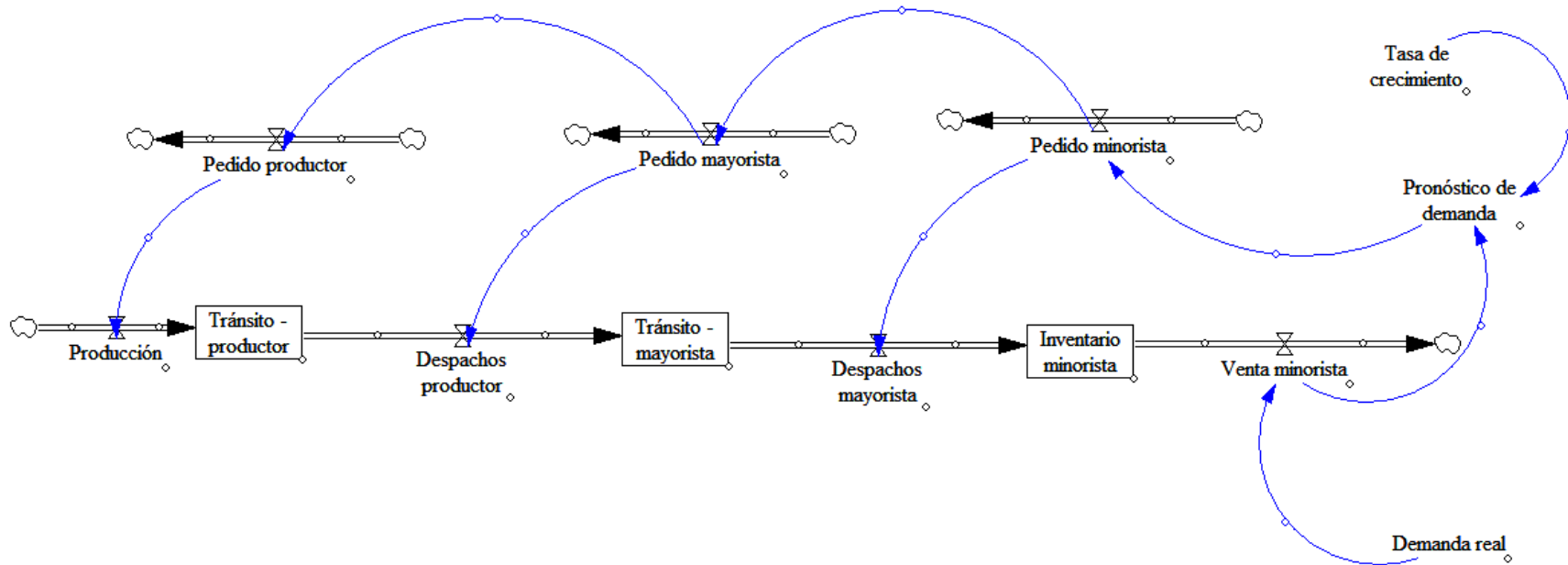


Figura 32. Diagrama de Forrester estructura sincronizada

### 12.3. ANÁLISIS DEL ESCENARIO PLANTEADO.

En la estructura del modelo de la cadena de suministro tradicional, se observa que cada uno de los eslabones tiene un inventario independiente, pero para la estructura del modelo de una cadena de suministro sincronizada se define un solo inventario conjunto para toda la cadena, los niveles de tránsito ubicados en el eslabón productor y mayorista, representan el tiempo durante el cual estos eslabones tienen la propiedad del producto, dado por el tiempo que demoran las labores ejecutadas en estos miembros.

Para la estructura del escenario planteado de una cadena de suministro sincronizada la política de inventario cambia, ya que los eslabones coinciden en manejar un solo inventario, el cual es ubicado en el último eslabón de la cadena de suministro como lo es el Minorista para velar por la disponibilidad de producto terminado al consumidor final. Esta política tiene como fin disminuir los niveles de inventario para cada uno de los eslabones, y en el caso de tener kilogramos de ítem no vendidos, estos costos de fabricación general de la cadena son divididos para cada uno de los eslabones según sea su responsabilidad en la producción, alistamiento y distribución.

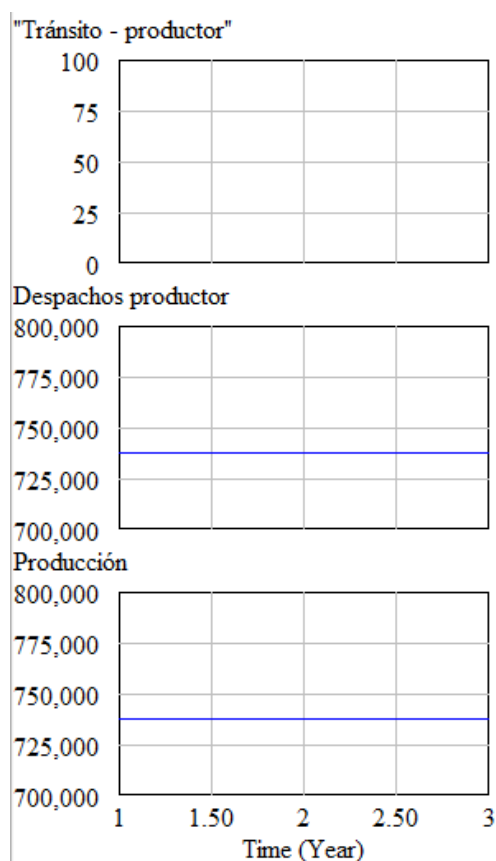
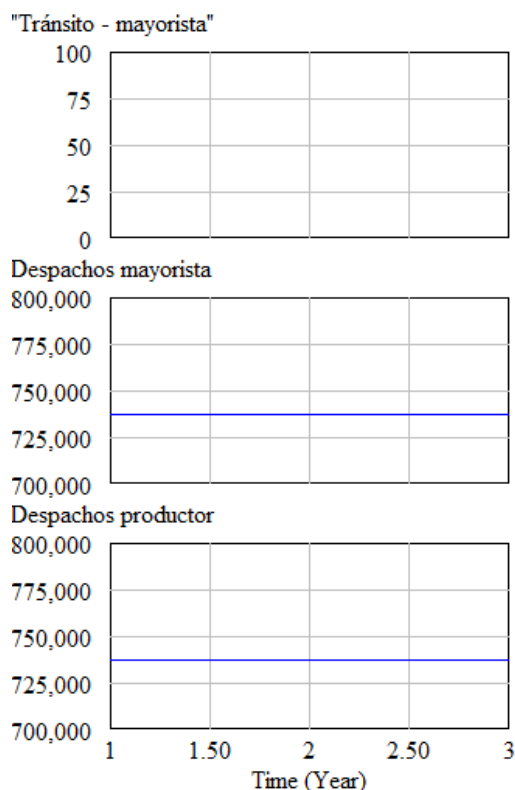


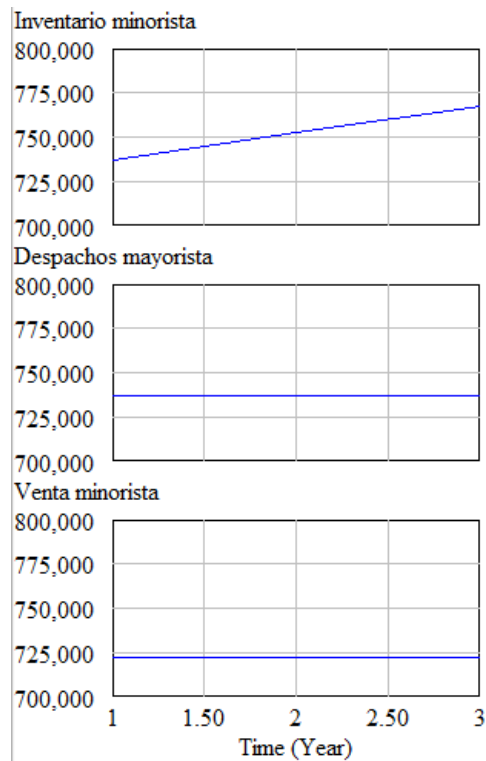
Figura 33. Proceso – Productor.

En la Figura 33 se observa que la producción por parte del productor se mantiene constante, ofertando durante los 3 años la misma cantidad del ítem papaya. A diferencia de la estructura actual donde el productor hacia uso de un inventario independiente, en la estructura sincronizada el inventario se encuentra adjunto al inventario de los otros miembros de la cadena, por lo cual el nivel (tránsito en el productor) representa el tiempo consumido por el productor en los procesos de siembra y cosecha del ítem. Una vez el proceso de tránsito termina, la producción pasa directamente a los despachos hacia el mayorista.



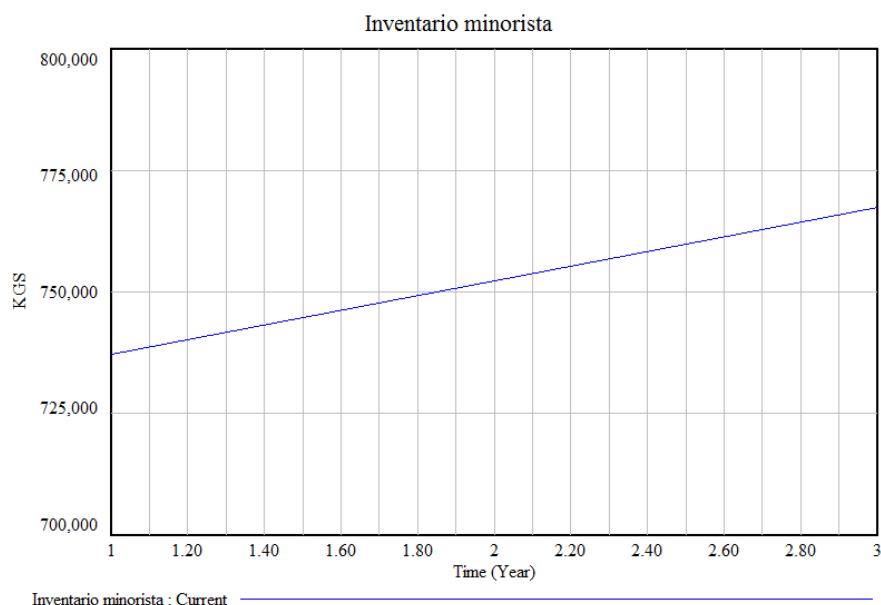
**Figura 34. Proceso - Mayorista**

En la Figura 34 se hace una continuación de la Figura 33, representando la llegada de la producción al mayorista, este tiempo de tránsito está definido por las labores de transporte, packing y embellecimiento natural de la fruta. Se observa que el nivel (tránsito – mayorista) no retiene en ningún momento el ítem, por lo cual no se presenta acumulación de inventario. Una vez el mayorista realiza sus labores, el ítem pasa a los despachos para llegar finalmente al eslabón minorista



**Figura 35. Nivel de inventario.**

Como se observa en la Figura 35, una vez el ítem llega al eslabón minorista este procede a la ubicación en su negocio para tener el producto disponible al cliente. Como a pesar de la propuesta de la sincronización de la cadena, se sigue trabajando con los datos que el eslabón minorista tenía estipulados para la atención de la demanda del consumidor final, el inventario del minorista que en este caso sería el inventario conjunto de toda la cadena, presenta acumulación por kilogramos de ítem no vendido.



**Figura 36. Inventario minorista cadena sincronizada**

Para tener una representación del comportamiento del inventario del minorista (inventario sincronizado por todos los eslabones de la cadena), se tiene que:

Time (Year)	1	2	3
"Inventario minorista" Runs:	Current		
Inventario minorista	737288	752312	767335

Este inventario está dado por todos los ítems que llegan desde los eslabones superiores, como se definió en la política, este inventario pertenece a todos los miembros de la cadena, la acumulación en el inventario se presenta porque la demanda del consumidor final está por debajo a lo ofertado por la cadena de suministro.

Time (Year)	1	2	3
"Venta minorista" Runs:	Current		
Venta minorista	722287	722287	722287

	Inventario minorista	Ventas minorista	Crecimiento
<b>Año 1</b>	737.288	722.287	15.001
<b>Año 2</b>	752.312	722.287	30.025
<b>Año 3</b>	767.335	722.287	45.048

**Tabla 16. Perdidas por kilogramos no vendidos.**

Los niveles de inventario para cada uno de los 3 años corridos en el modelo aumentan de manera constante, debido a que la tasa de crecimiento no varía al igual que la demanda real.



Time (Year)	1	2	3
'Tasa de crecimiento" Runs:	Current		
Tasa de crecimiento	0.0208		
'Demanda real" Runs:	Current		
Demanda real	722287		

El nivel de afectación del efecto látigo presentado en la estructura sincronizada es:

Kilogramo no vendido	\$/kilogramo	Perdidas
15.010	\$ 1.570	\$ 23.565.700

Al tener un solo inventario sincronizado para toda la cadena, esta obtiene unas pérdidas globales de 15.010 kilogramos por año, esto multiplicado por el precio de venta \$1570/kilogramos se tiene para la cadena en general una pérdida de oportunidad de \$23.565.700.

Es necesario realizar un análisis de pérdidas individuales para cada eslabón que compone la cadena de suministro como se expone en la Tabla 17, basados en los promedios de costos anuales en la ejecución de las labores para cada miembro.

Perdidas			
	Kilogramos no vendidos	Valor de compra	Compra + Costos
<b>Productor</b>	15.010	\$ 6.004.021	\$ 6.004.021
<b>Mayorista</b>	15.010	\$ 10.003.577	\$ 12.555.277
<b>Minorista</b>	15.010	\$ 16.402.369	\$ 17.002.769

Tabla 17. Perdidas por kilogramos no vendidos

Si se realiza una comparación de las pérdidas individuales de cada parte del modelo actual de la cadena y modelo planteado, se tiene que la diferencia en la disminución de las pérdidas solo es visible para el Mayorista y Productor, ya que esta comparación no contempla la política de inventario propuesta para la nueva estructura de la cadena.

Pero se realiza el análisis aplicando dicha política donde las pérdidas globales de la cadena son divididas entre cada una de las partes, se obtiene:

División pérdida de oportunidad individual		
Productor	Mayorista	Minorista
\$ 7.855.233	\$ 7.855.233	\$ 7.855.233

Tabla 18. Pérdida individual con política de compartimiento de pérdidas.

La Tabla 18 muestra las pérdidas de oportunidad anuales representadas en pesos, donde cada miembro de la cadena obtuvo unas pérdidas de \$7.855.233.

Para representar de manera explícita las pérdidas netas, analizando los costos de cada uno de los eslabones en la ejecución de sus labores se obtiene los valores representados en la Tabla 19.

<b>Pérdida real</b>	
<b>Productor</b>	6.004.000
<b>Mayorista</b>	2.551.700
<b>Minorista</b>	600.400
<b>Total</b>	9.156.100

Tabla 19. Pérdida real de costos logísticos para cada eslabón

Donde se argumenta que para cada eslabón las perdidas reales netas fueron de (productor: \$6.004.000, mayorista: \$2.2551.700 y minorista: \$600.400). Las pérdidas globales para la cadena por costos asumidos en los kilogramos no vendidos son \$9.156.100.

Para visualizar las diferencias en los indicadores de medición para la cadena de suministro tradicional y la cadena de suministro sincronizada se hace una comparación de los resultados arrojados en cada simulación.

- **Inventario anual global de la cadena de suministro actual:**

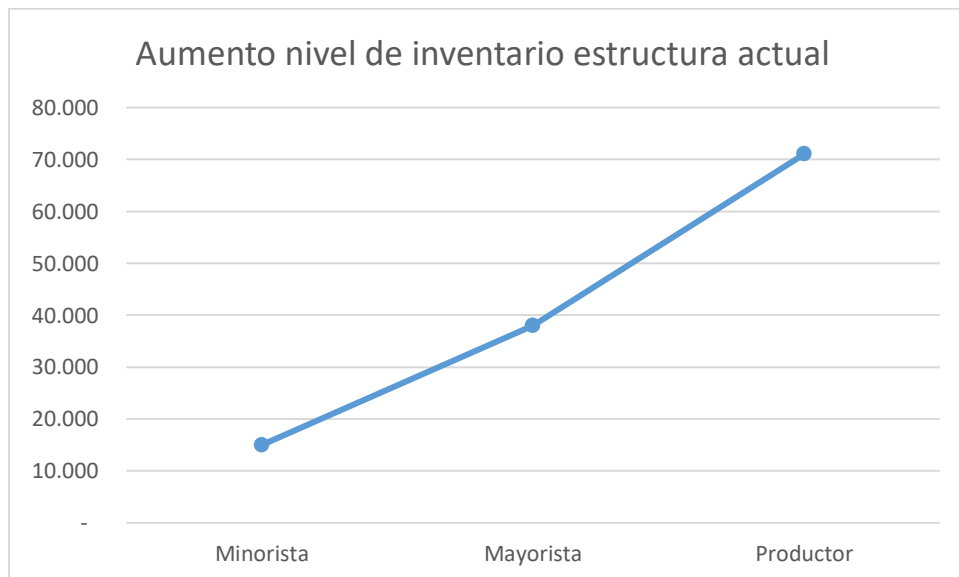


Figura 37. Aumento nivel de inventario estructura actual

<b>Kilogramos en el inventario global</b>	
<b>Minorista</b>	15.001
<b>Mayorista</b>	38.008
<b>Productor</b>	71.015

Tabla 20. Kgs en el inventario global

En la cadena de suministro actual (tradicional) como se observa en la Figura 36 y la Tabla 20, el inventario anual va aumentando a medida que nos desplazamos hacia un eslabón superior en la cadena.

Este comportamiento se presenta ya que cada eslabón pronostica su demanda en base a los datos históricos de sus propias ventas y no de las ventas reales hechas al consumidor final, el único miembro de la cadena con acceso a esta información es el Minorista.

Los miembros de la cadena actual no comparten información de su nivel de inventario, por lo que las órdenes a medida que fluye la información en la cadena, se inflan por parte de cada eslabón, buscando asegurar la disponibilidad del ítem a sus clientes directos.

- **Inventario anual global de la cadena de suministro sincronizada:**



**Figura 38. Nivel de inventario global, estructura sincronizada.**

Kilogramos en el inventario global	
<b>Productor</b>	0
<b>Mayorista</b>	0
<b>Minorista</b>	15.010

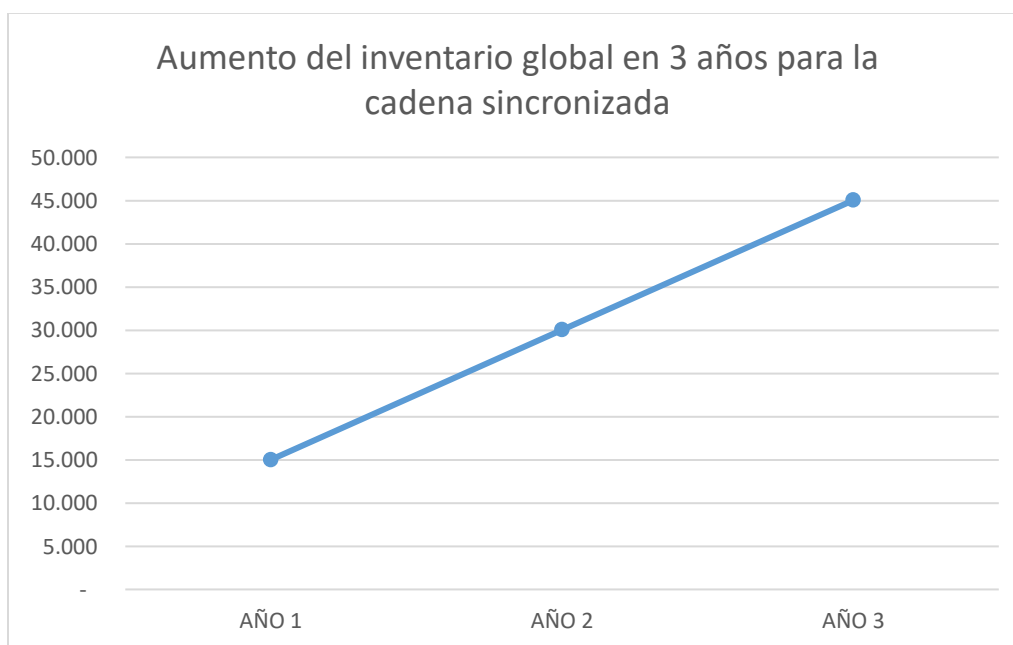
**Tabla 21. Kgs de inventario global.**

Por el contrario en el aumento del inventario de la cadena propuesta (sincronizada), se observa que el inventario anual es constante y solo se acumula en el eslabón minorista gracias al compartimiento del mismo.

Los valores expresados en la Tabla 21, solo incluyen resultados de la cadena de suministro sincronizada en la simulación de un año. En la Tabla 22, se presenta los resultados del nivel de inventario obtenido para los 3 años de simulación.

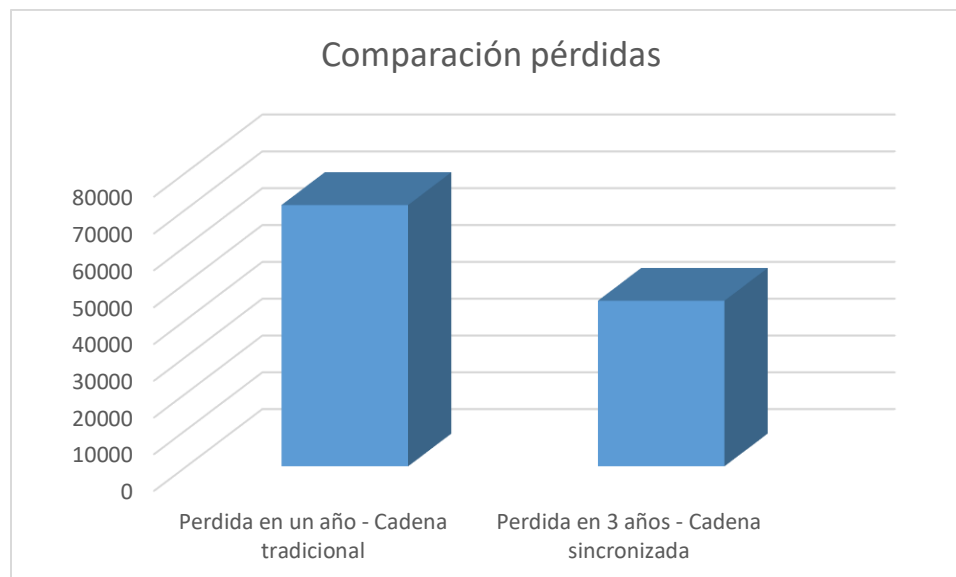
Kilogramos en el inventario global			
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
<b>Minorista</b>	15.010	30.020	45.030
<b>Mayorista</b>	0	0	0
<b>Productor</b>	0	0	0

Se observa que en la simulación de 3 años, el inventario global de la cadena de suministro ubicado en el eslabón minorista es el único que presenta acumulación por kilogramos de ítem no vendidos.



**Figura 39. Aumento del inventario en 3 años**

Si se observa la Figura 38 y la Figura 36, el aumento del nivel del inventario en 3 años para la cadena de suministro sincronizada, no alcanza a superar el aumento del inventario de 1 año de la cadena de suministro tradicional. Esta comparación se representa mediante la Figura 39.



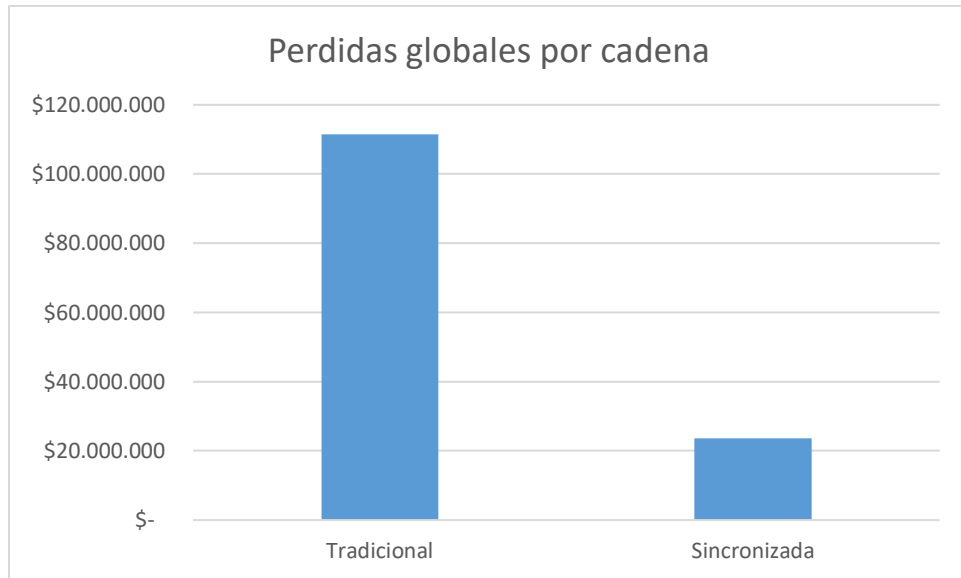
**Figura 40. Comparación de las pérdidas**

Esto también se ve reflejado en los costos al estar relacionados.

- **Disminución de la perdida de oportunidad por kilogramos no vendidos en la cadena de suministro sincronizada:**

Kilogramos no vendidos por la cadena tradicional	\$/kilogramo	Perdida oportunidad
71.015	\$ 1.570	\$ 111.493.273

Kilogramo no vendido por la cadena sincronizada	\$/kilogramo	Perdidas
15.010	\$ 1.570	\$ 23.565.700



**Figura 41. Pérdidas globales por cadena**

Se observa como la estructura propuesta (cadena sincronizada) tiene unas pérdidas globales menores a las de la cadena de suministro tradicional actual. Esta diferencia está dada por una disminución del 78,86% de las pérdidas totales anual.

### 13. CONCLUSIONES

Se realizó una caracterización general de la cadena definiéndola como una cadena de suministro tradicional con base a la teoría de los cuatro arquetipos. Mediante un análisis de Pareto se obtiene que el ítem Papaya es el más representativo de la cadena, con un porcentaje en kilogramos del 84,46% de las ventas efectuadas en el año 2016, y en pesos el 83,28% de las ventas totales del año 2016. En la caracterización de la cadena dirigida al alistamiento y distribución del ítem Papaya, se observa que la estructura de la cadena tiene flujo de información limitado, donde la única comunicación entre eslabones, se da mediante las solicitudes de pedido que un eslabón requiere a otro.

Cada eslabón de la cadena trabaja de manera independiente, realizando su pronóstico de demanda, plan de producción y definiendo su nivel de inventario con base a la tasa de crecimiento estipulada por este, respecto a los datos que recoge de los flujos que lo involucran directamente en la cadena. Esta composición de la cadena, genera la aparición del efecto látigo, afectando en diferente magnitud a cada eslabón a medida que la información fluye, esta afectación se ve representada en el porcentaje en que el inventario supera la demanda real por parte de cada eslabón, el minorista 2,076%, el mayorista 3,185% y al productor en un 4,569% por encima de la demanda real. Este fenómeno, es provocado a medida que cada eslabón determina su pronóstico de demanda y nivel de inventario basado solo en los pedidos requeridos por su cliente directo y no por el consumidor final de la cadena. El efecto látigo tiene una consecuencia monetaria respecto a la pérdida de oportunidad por kilogramo no vendidos de \$111.493.453 anuales.

En la estructura del modelo propuesto, se define como una cadena de suministro sincronizada donde todos los eslabones tienen información sobre la demanda real del cliente final y los niveles de inventario de cada uno, además de esta estructura se adopta una política de relación donde la cadena maneja un solo inventario ubicado en el minorista con el fin de tener el ítem siempre a disposición del cliente. Esta política también determina que todos los kilogramos no vendidos y por lo tanto la pérdida de oportunidad y las pérdidas por labores de alistamiento y producción, son divididas entre todos los eslabones de la cadena. Simulando este escenario se obtuvo una mejora significativa, donde el inventario global de la cadena solo supera a la demanda real en un 2,076% con una pérdida de oportunidad para toda la cadena de \$23.565.700 anuales. La mejora en los rendimientos de la cadena de suministro sincronizada, se realizó una comparación de ambas estructuras donde se observó una disminución en los niveles de inventario de un 78,86%, este porcentaje de variación es aplicado igualmente a los costos por pérdidas generados, mejorando los indicadores de desempeño en la misma medida.

## **14. RECOMENDACIONES**

Para efecto del estudio de la cadena de suministro actual, se encuentra que los eslabones que conforman la cadena no cuentan con un sistema seguro de pronóstico de demanda. Cada uno de estos realiza su pronóstico basado en la experiencia en el negocio. Como complemento al presente trabajo se puede realizar un estudio de la demanda y su comportamiento, para definir la herramienta de pronóstico que más se acople al comportamiento actual, con el fin de disminuir las pérdidas que se siguen presentando después de sincronizar la estructura de la cadena.

El trabajo solo fue dirigido al ítem Papaya por lo cual se recomienda realizar la sincronización de la cadena a los demás ítems ofertados.

De igual modo se propone realizar un modelo de dinámica de sistemas que abarque factores más detallados que afectan el funcionamiento del sistema.



## 15. BIBLIOGRAFIA.

Alvaro Miguel Sierra Altamiranda Marcela Gomez-Ramirez Ana Caballero Lafaurie Daniel Hernando Romero Rodriguez (2012) . Estudio de la estrategia de posposición y su impacto en la reducción de tiempos y costos en la cadena de suministro.

Amor Pérez, M. A. (2008), Cuantificación del efecto látigo en un modelo de cadena de suministro por medio del exponente de LYAPUNOV. México

Ballou, Ronald (2004). Administración de la cadena de suministro. 5ª edición, <https://docs.google.com/file/d/0B5MTkAxQgJnKVnZoWkxQSWVRaTg/view>

Bulla Hernández, Giovanny (2011), Estudio de la desintermediación de una cadena de suministro de consumo masivo. Modelación con dinámica de sistemas, <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/5347>

Forrester, J.W (1961). Dinámica Industrial. Editorial Ateneo, Buenos Aires.

Forrester, J.W., 1972 (1961). Dinámica Industrial. (Industrial Dynamics,). Cambridge, Massachusetts

García, Juan Martin. 2003. Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas, Barcelona.

Hammer, M., 2000. The myth of disintermediation. Cambridge, Massachusetts.

Ing. D. Ramón Martín, Andino Benítez (2006), El efecto látigo (bullwhip) en las cadenas de suministro y la dependencia de los agentes que las integran. Madrid, España.

Johnson, E. And Davis, T. 1995. Gaining an Edge with Supply Chain Management.

JOHNSON,M.E. 1998. Give Them what They Want. Management Review.

JOSE RAMON ANDINO BENITEZ (2006) “Estudio de la estrategia de posposición y su impacto en la reducción de tiempos y costos en la cadena de suministro”

Lee, H. L. and Billington, C. (1995), The evolution of supply chain management models and practice at Hewlett Packard. Linthicum, Maryland, USA

Mejía, J. C, Palacio León, O, Adarme Jaimes, W (2012), Efecto látigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control. Bogotá, Colombia.

Napolitano, M. (1998). Using Modeling to Solve Warehousing Problems: A Collection of Decision-making Tools for Warehouse Planning and Design.

Ponte Blanco, Borja (2013). El efecto bullwhip en las cadenas de suministro: una aproximación basada en técnicas de inteligencia artificial, Oviedo, España.

Rubiano, Oscar. 2003. Mejora del Rendimiento Operativo y Financiero de las Cadenas de Suministro mediante el uso de las Herramientas de Colaboración basadas en Internet. Un enfoque Sistémico. Ingeniería y Competitividad. 4(2). 34-41. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Senge, Peter M, 1995. La quinta disciplina en la práctica. Ediciones Granica, S.A.

Sterman, J. D. 1984. Instructions for Running the Beer distribution Game. Sloan School of Management.

Sterman, J. D. 1989. Modeling managerial behavior: "Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. Management Science. Cambridge, Massachusetts.

Vilana Arto, J. R (2010), La Gestión de la Cadena de Suministro, [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:75237/componente75235.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75237/componente75235.pdf)

Villa Betancur, S. (2011), Efecto de las decisiones de pedidos de clientes mayoristas en cadenas de abastecimiento: un análisis experimental. <http://www.bdigital.unal.edu.co/5363/1/1128272895.2011.pdf>.